

ESTIMATIVA DAS VAZÕES PARA ATIVIDADES DE USO CONSUNTIVO DA ÁGUA EM BACIAS DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL – SIN

Carta ONS 013/340/2004
19 de outubro de 2004

Contrato GPD-CT-017/05-1-2
1º de fevereiro de 2005

RELATÓRIO FINAL

**METODOLOGIA E
RESULTADOS CONSOLIDADOS**

31 de dezembro de 2005

CONSÓRCIO



COMISSÃO DE ACOMPANHAMENTO

Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS

Rogério Saturnino Braga (Coordenador do Contrato)
Vinícius Forain Rocha

Agência Nacional de Águas – ANA

Alan Vaz Lopes
Bolivar Antunes de Matos
Éder João Pozzebon
Flávio Hadler Troger
Martha Regina Von Borstel Sugai

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL

Adriana Goretti de Miranda Chaves
Paulo Roberto Roballo Ungaretti

Ministério de Minas e Energia – MME

Iran de Oliveira Pinto
Eduardo de Freitas Madeira

CONSÓRCIO FAHMA – DZETA

Alessandro de Freitas Teixeira
Fernando Antonio Rodriguez
Fernando Falco Pruski
Guilherme Emílio Simão
Gustavo Luiz Batista D'Angiolella
Humberto Rey Castilla
Luiz Cláudio Costa
Luís Gustavo Henriques do Amaral;
Márcio Mota Ramos
Maria Eduarda de Souza Pimentel
Maria Lúcia Calijuri
Maurício Nicodemos
Moisés Pinto Gomes (Coordenador do Contrato)
Paulo Márcio de Freitas
Pedro João Antunes de Souza
Renata Del Giudice Rodriguez
Wilson Gandini Lugão

SUMÁRIO

	Página
SIGLAS E ABREVIATURAS	ii
LISTA DE QUADROS	iii
LISTA DE FIGURAS	v
1. APRESENTAÇÃO	1
2. METODOLOGIA	8
2.1. Introdução	9
2.2. Elaboração das Bases Cartográficas Digitais	11
2.3. Estimativa das Séries de Vazões para Irrigação	15
2.4. Estimativa das Séries de Vazões para Abastecimento Urbano	47
2.5. Estimativa das Séries de Vazões para Abastecimento Rural	52
2.6. Estimativa das Séries de Vazões para Criação Animal	55
2.7. Estimativa das Séries de Vazões para Abastecimento Industrial	58
2.8. Elaboração de Cenários	62
3. RESULTADOS	76
4. COMENTÁRIOS FINAIS E RECOMENDAÇÕES	172
5. ANEXOS	177
5.1. Anexo 1 – Mapas da Evapotranspiração de Referência	178
5.2. Anexo 2 - Taxas Tendenciais e de Cenários para cada Bacia Estudada	185
6. BIBLIOGRAFIA	200

SIGLAS E ABREVIATURAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- ANA – Agência Nacional de Águas;
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica;
- BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento
- BNB – Banco do Nordeste do Brasil
- CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas;
- CNI – Confederação Nacional da Indústria;
- CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba;
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;
- FAO – Food and Agriculture Organization - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação;
- GEF – Global Environment Facility -Fundo Mundial para o Meio Ambiente
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia;
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento;
- MI – Ministério da Integração Nacional;
- MMA – Ministério do Meio Ambiente;
- MME – Ministério de Minas e Energia;
- MPOG – Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão;
- OMM – Organização Meteorológica Mundial;
- ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico;
- PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos;
- PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.
- PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
- PRONI – Programa Nacional de Irrigação;
- SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo;
- SIG – Sistema de Informações Geográficas;
- SIN – Sistema Interligado Nacional;
- USDA – United States Department of Agriculture - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América.

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1. Bacias hidrográficas que compõem a área de abrangência do estudo	4
Quadro 2. Exemplo de calendário de colheita estadual, para uma cultura qualquer, tal como apresentado no Censo Agropecuário do IBGE	18
Quadro 3. Exemplo de calendário de colheita convertido para percentuais do total colhido no Estado.	18
Quadro 4. Estações meteorológicas utilizadas	23
Quadro 5. Valores de Coeficientes de Cultura (Kc)	28
Quadro 6. Valores de precipitação efetiva em função da evapotranspiração potencial mensal da cultura e da precipitação mensal.	34
Quadro 7. Fator de correção da precipitação efetiva em função da variação da umidade inicial do solo.	34
Quadro 8. Duração dos diferentes períodos de irrigação, em dias após a emergência, para os sistemas de cultivo convencional e pré-germinado.	44
Quadro 9. Parâmetros utilizados na estimativa das vazões do cultivo do arroz irrigado, para os sistemas de cultivo convencional e pré-germinado	46
Quadro 10. Coeficientes de retirada urbana per capita conforme o Estado considerado e a faixa de população do município	49
Quadro 11. Coeficientes de retirada urbana per capita calculado, em litros/habitante.dia ⁻¹ , conforme o Estado considerado e a faixa de população do município	49
Quadro 12. Coeficientes de retirada rural per capita, conforme a Unidade da Federação	53
Quadro 13. Coeficientes per capita para espécies animais	56
Quadro 14. Parâmetros utilizados na estimativa das vazões de retirada e retorno da indústria	59
Quadro 15. Taxas de crescimento real do PIB entre 1951 e 2004	63
Quadro 16. Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Antas, nos cenários A, B e C, (%).	185
Quadro 17. Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Araguari, nos cenários A, B e C, (%).	185
Quadro 18. Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Aripuanã, nos cenários A, B e C, (%).	186
Quadro 19. Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Capivari, nos cenários A, B e C, (%).	186
Quadro 20. Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Comemoração, nos cenários A, B e C, (%).	187
Quadro 21. Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Correntes, nos cenários A, B e C, (%).	187
Quadro 22. Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Cubatão, nos cenários A, B e C, (%).	188
Quadro 23. Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Curuá-Una, nos cenários A, B e C, (%).	188
Quadro 24. Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Doce, nos cenários A, B e C, (%).	189
Quadro 25. Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Guaíba, nos cenários A, B e C, (%).	189
Quadro 26. Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Guaporé, nos cenários A, B e C, (%).	190
Quadro 27. Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Ijuí, nos cenários A, B e C, (%).	190
Quadro 28. Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Itabapoana, nos cenários A, B e C, (%).	191
Quadro 29. Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Itajaí, nos cenários A, B e C, (%).	191

Quadro 30.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Itiquira, nos cenários A, B e C, (%).	192
Quadro 31.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Jacuí, nos cenários A, B e C, (%).	192
Quadro 32.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Jamari, nos cenários A, B e C, (%).	193
Quadro 33.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Jari, nos cenários A, B e C, (%).	193
Quadro 34.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Juru, nos cenários A, B e C, (%).	194
Quadro 35.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Jequitinhonha, nos cenários A, B e C, (%).	194
Quadro 36.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Manso, nos cenários A, B e C, (%).	195
Quadro 37.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Mucuri, nos cenários A, B e C, (%).	195
Quadro 38.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Paraguaçu, nos cenários A, B e C, (%).	196
Quadro 39.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Paraíba do Sul, nos cenários A, B e C, (%).	196
Quadro 40.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Parnaíba, nos cenários A, B e C, (%).	197
Quadro 41.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Ribeirão das Lages, nos cenários A, B e C, (%).	197
Quadro 42.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Tapajós, nos cenários A, B e C, (%).	198
Quadro 43.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Uatumã, nos cenários A, B e C, (%).	198
Quadro 44.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Uruguai, nos cenários A, B e C, (%).	199
Quadro 45.	Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Xingu, nos cenários A, B e C, (%).	199

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Bacias hidrográficas que compõem a área de abrangência do estudo	3
Figura 2. Cartas do escopo original e adicional utilizadas na elaboração da base cartográfica	12
Figura 3. Situação hipotética da divisão municipal encontrada entre censos nesse trabalho	14
Figura 4. Fluxograma simplificado da metodologia utilizada na estimativa das séries de vazões para a irrigação	16
Figura 5. Exemplo de calendário de colheita para um município qualquer, onde foram colhidos 700 ha sob irrigação, de uma cultura A, fictícia, com ciclo de 2,5 meses.	19
Figura 6. Distribuição espacial das estações meteorológicas utilizadas	23
Figura 7. Curva típica dos coeficientes de cultura em função dos estágios de desenvolvimento da planta	32
Figura 8. Fluxograma simplificado da metodologia utilizada na estimativa das séries de vazões para abastecimento urbano	47
Figura 9. Fluxograma simplificado da metodologia utilizada na estimativa das séries de vazões para abastecimento rural	52
Figura 10. Situações consideradas no cálculo do abastecimento humano	53
Figura 11. Fluxograma simplificado da metodologia utilizada na estimativa das séries de vazões para abastecimento animal	55
Figura 12. Fluxograma simplificado da metodologia utilizada na estimativa das séries de vazões para abastecimento industrial	58
Figura 13. Crescimento da área irrigada como consequência da implementação de programas específicos	71
Figura 14. Exemplo da representação gráfica do total das vazões médias mensais dos usos consuntivos	78
Figura 15. Exemplo da representação gráfica da participação percentual de cada tipo de uso na vazão total de retirada no ano de 2004	78
Figura 16. Exemplo da representação gráfica da participação percentual de cada tipo de uso na vazão total de consumo no ano de 2004	79
Figura 17. Exemplo da evolução das médias anuais do total dos usos consuntivos no período 1931 –2003 e projeções dos cenários Cenário A, Cenário B e Cenário C	79
Figura 18. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de 14 de Julho, na Bacia do Rio Antas, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	81
Figura 19. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Castro Alves, na Bacia do Rio Antas, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	82
Figura 20. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Monte Claro, na Bacia do Rio Antas, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	83
Figura 21. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Coaracy Nunes, na Bacia do Rio Araguari, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	84
Figura 22. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Dardanelos, na Bacia do Rio Aripuanã, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	85
Figura 23. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Governador Parigot de Souza, na Bacia do Rio Capivari, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	86
Figura 24. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Rondon II, na Bacia do Rio Comemoração, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	87
Figura 25. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Ponte de Pedra, na	88

	Bacia do Rio Correntes, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	
Figura 26.	Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Correntes, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	89
Figura 27.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Cubatão, na Bacia do Rio Cubatão, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	90
Figura 28.	Resultados para a área de contribuição do Cuiabá, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	91
Figura 63.	Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Manso, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	126
Figura 29.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Curuá-Una, na Bacia do Rio Curuá-Una, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	92
Figura 30.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Aimorés, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	93
Figura 31.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Baguari, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	94
Figura 32.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Baú I, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	95
Figura 33.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Candonga, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	96
Figura 34.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Guilvam Amorim, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	97
Figura 35.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Mascarenhas, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	98
Figura 36.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Porto Estrela, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	99
Figura 37.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Sá Carvalho, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	100
Figura 38.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Salto Grande, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	101
Figura 39.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Traíra II, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	102
Figura 40.	Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	103
Figura 41.	Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Guaíba, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	104
Figura 42.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Guaporé, na Bacia do Rio Guaporé, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	105
Figura 43.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Passo São João, na Bacia do Rio Ijuí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	106
Figura 44.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de São José, na Bacia do Rio Ijuí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	107
Figura 45.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Rosal, na Bacia do	108

	Rio Itabapoana, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	
Figura 46.	Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Itabapoana, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	109
Figura 47.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Salto Pilão, na Bacia do Rio Itajaí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	110
Figura 48.	Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Itajaí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	111
Figura 49.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Itiquira I e II, na Bacia do Rio Itiquira, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	112
Figura 50.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Dona Francisca, na Bacia do Rio Jacuí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	113
Figura 51.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Ernestina, na Bacia do Rio Jacuí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	114
Figura 52.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Itaúba, na Bacia do Rio Jacuí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	115
Figura 53.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Jacuí, na Bacia do Rio Jacuí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	116
Figura 54.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Passo Real, na Bacia do Rio Jacuí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	117
Figura 55.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Samuel, na Bacia do Rio Jamari, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	118
Figura 56.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Santo Antonio, na Bacia do Rio Jari, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	119
Figura 57.	Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Jari, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	120
Figura 58.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Jauru, na Bacia do Rio Jauru, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	121
Figura 59.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Irapé, na Bacia do Rio Jequitinhonha, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	122
Figura 60.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Itapebi, na Bacia do Rio Jequitinhonha, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	123
Figura 61.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Murta, na Bacia do Rio Jequitinhonha, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	124
Figura 62.	Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Jequitinhonha, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	125
Figura 63.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Manso, na Bacia do Rio Manso, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	126
Figura 64.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Santa Clara, na Bacia do Rio Mucuri, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	127
Figura 65.	Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Mucuri, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	128
Figura 66.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Pedra do Cavalo, na	129

	Bacia do Rio Paraguaçu, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	
Figura 67.	Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Paraguaçu, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	130
Figura 68.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Boa Esperança, na Bacia do Rio Parnaíba, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	131
Figura 69.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Castelhanos, na Bacia do Rio Parnaíba, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	132
Figura 70.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Ribeiro Gonçalves, na Bacia do Rio Parnaíba, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	133
Figura 71.	Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Parnaíba, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	134
Figura 72.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Barra do Braúna, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	135
Figura 73.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Barra do Pomba, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	136
Figura 74.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Cambuci, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	137
Figura 75.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Funil, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	138
Figura 76.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Ilha dos Pombos, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	139
Figura 77.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Itacoara, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	140
Figura 78.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Jaguari, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	141
Figura 79.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Paraibuna, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	142
Figura 80.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Picada, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	143
Figura 81.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Santa Branca, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	144
Figura 82.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Santa Cecília, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	145
Figura 83.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Santana, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	146
Figura 84.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Simplicio, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	147
Figura 85.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Sobragi, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	148
Figura 86.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Tócos, na Bacia do	149

	Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	
Figura 87.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Vigário, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	150
Figura 88.	Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	151
Figura 89.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Lages, na Bacia do Ribeirão das Lages, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	152
Figura 90.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Fontes, na Bacia do Ribeirão das Lages, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	153
Figura 91.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Nilo Peçanha, na Bacia do Ribeirão das Lages, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	154
Figura 92.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Pereira Passos, na Bacia do Ribeirão das Lages, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	155
Figura 93.	Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Tapajós, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	156
Figura 94.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Balbina, na Bacia do Rio Uatumã, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	157
Figura 95.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Barra Grande, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	158
Figura 96.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Campos Novos, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	159
Figura 97.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Foz do Chapecó, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	160
Figura 98.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Garibaldi, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	161
Figura 99.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Itá, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	162
Figura 100.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Machadinho, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	163
Figura 101.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Monjolinho, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	164
Figura 102.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Pai Quere, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	165
Figura 103.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Passo Fundo, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	166
Figura 104.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Quebra Queixo, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	167
Figura 105.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de São Roque, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	168
Figura 106.	Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Uruguai, para o ano	169

	de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	
Figura 107.	Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Belo Monte, na Bacia do Rio Xingu, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	170
Figura 108.	Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Xingu, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).	171
Figura 109.	Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Janeiro	178
Figura 110.	Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Fevereiro	178
Figura 111.	Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Março	179
Figura 112.	Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Abril	179
Figura 113.	Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Maio	180
Figura 114.	Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Junho	180
Figura 117.	Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Julho	181
Figura 118.	Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Agosto	181
Figura 119.	Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Setembro	182
Figura 120.	Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Outubro	182
Figura 121.	Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Novembro	183
Figura 122.	Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Dezembro	183
Figura 123.	Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo) Total Anual, pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional	184

1. APRESENTAÇÃO

Este **RELATÓRIO FINAL – METODOLOGIA E RESULTADOS CONSOLIDADOS** é o produto final do Contrato GPD-CT-017/05-1-2, firmado entre o **Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS** e o **Consórcio FAHMA – DZETA** para a realização dos serviços especializados de **Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água em Bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN**.

Os serviços consistiram em estimar as séries das vazões de retirada, de retorno e de consumo para atividades de uso consuntivo da água, para cada município das bacias incrementais que compõem a área de interesse (Quadro 1). Esta estimativa abrangeu a evolução histórica das séries no período de 1931 a 2003 e, por meio do estabelecimento de cenários evolutivos setoriais, o comportamento dessas séries até 2010.

As categorias de uso consuntivo abordadas por este estudo foram:

- irrigação;
- abastecimento urbano;
- abastecimento rural;
- criação animal; e
- abastecimento industrial

Considerou-se vazões de retirada, de retorno e de consumo definidas como:

- vazão de retirada – vazões captadas nos municípios e agregadas para as bacias de contribuição de cada aproveitamento hidrelétrico (incluindo, também, as captações nos próprios reservatórios), para atividades de uso consuntivo da água;
- vazão de retorno – vazões lançadas nos municípios e agregadas para as bacias de contribuição de cada aproveitamento hidrelétrico, decorrentes de despejo de parcela remanescente da vazão de retirada para atividades de uso consuntivo da água (parcela não consumida da vazão de retirada); e
- vazão de consumo – diferenças entre as vazões de retirada e de retorno, nas bacias de contribuição de cada aproveitamento hidrelétrico, para atividades de uso consuntivo da água (parcela consumida da vazão de retirada).

Nas áreas cultivadas com arroz irrigado por inundação, podem ocorrer vazões de consumo negativas, devido ao esvaziamento dos quadros no período que antecede a colheita. Isso é possível porque, no presente trabalho, a vazão de consumo corresponde ao balanço mensal das entradas e saídas de água até a seção de interesse. Assim, valores negativos da vazão de consumo referem-se a períodos onde a vazão de retorno associada ao armazenamento de água nos quadros das áreas cultivadas com arroz irrigado por inundação excede a soma das vazões efetivamente consumidas pela cultura.

A metodologia utilizada neste trabalho foi adaptada daquela desenvolvida para o Projeto de Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo nas Principais

Bacias do Sistema Interligado Nacional (ONS, 2003). Na formatação do conjunto de rotinas utilizadas, o Consórcio valeu-se de processos amplamente difundidos no meio acadêmico e que vêm sendo utilizados com sucesso em aplicações de engenharia. Somaram-se a eles:

- algumas rotinas utilizadas pela Agência Nacional de Águas – ANA, sobretudo na estimativa das vazões destinadas aos abastecimentos urbano e rural e à criação animal, casos em que o Consórcio limitou-se a propor refinamentos; e
- procedimentos desenvolvidos ou adaptados pela equipe do Consórcio para circunstâncias específicas deste trabalho.

A abrangência geográfica desse trabalho contempla 90 áreas de interesse, distribuídas em 30 bacias hidrográficas, totalizando 2.083.555 km².

A Figura 1 apresenta as bacias hidrográficas que compõem a área do estudo. Cabe ressaltar que somente a porção brasileira da bacia do rio Uruguai foi considerada.

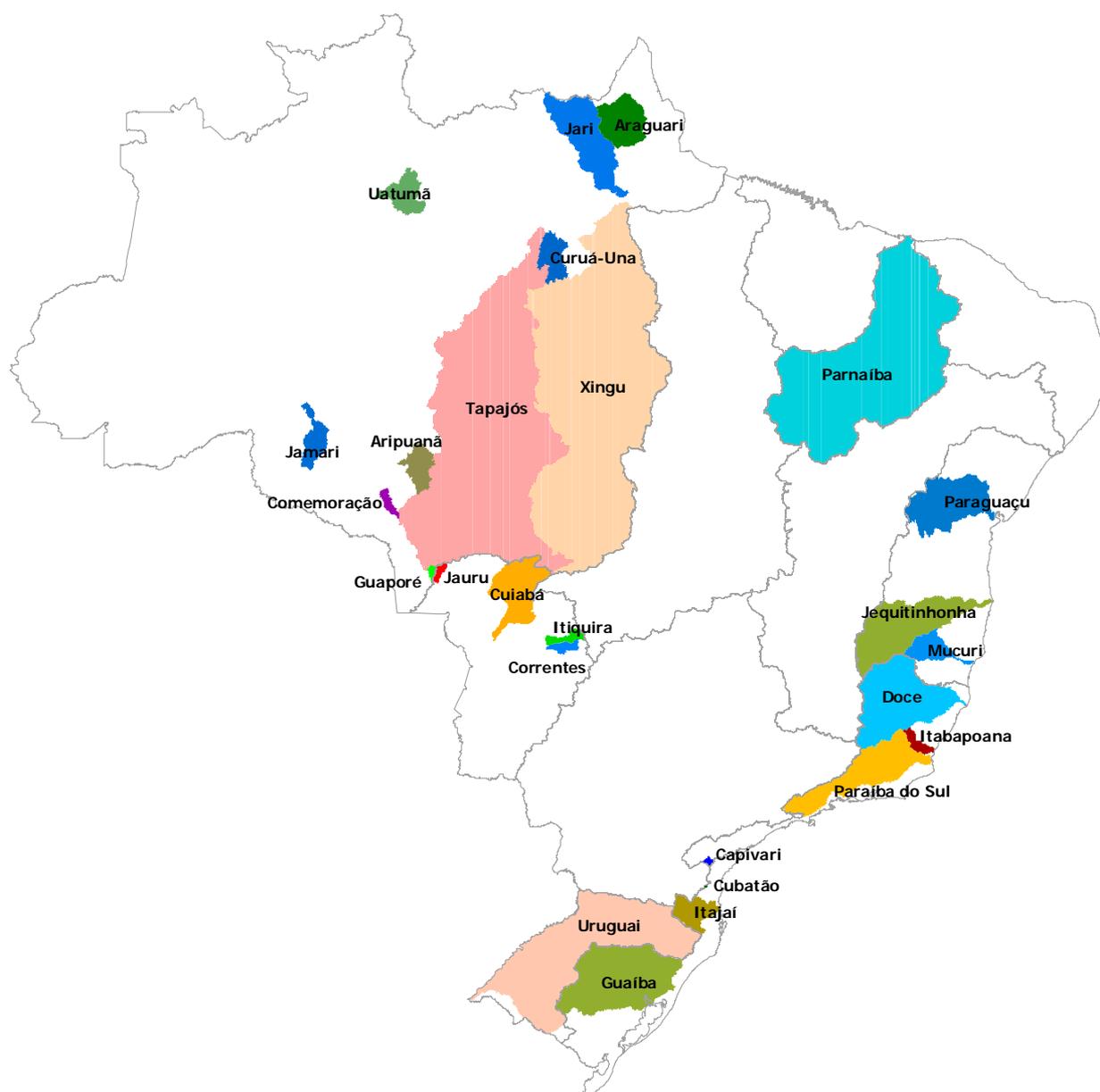


Figura 1. Bacias hidrográficas que compõem a área de abrangência do estudo.

Quadro 1. Bacias hidrográficas que compõem a área de abrangência do estudo.

Bacia	Rio	Aproveitamento / Reservatório	Situação	Área de Drenagem (km ²)	Latitude	Longitude
Antas	Antas	Castro Alves	2	7.667	-29,008	-51,379
Antas	Antas	Monte Claro	2	12.042	-29,030	-51,521
Antas	Antas	14 de Julho	2	12.687	-29,050	-51,667
Araguari	Araguari	Coaracy Nunes	1	30.915	0,895	-51,248
Aripuanã	Aripuanã	Dardanelos	3	15.316	-10,167	-59,483
Capivari	Capivari	Gov. Parigot de Souza	1	942	-25,137	-48,875
Comemoração	Comemoração	Rondon II	2	3.848	-11,851	-60,720
Correntes	Correntes	Ponte de Pedra	2	4.020	-17,609	-54,827
Cubatão	Cubatão	Cubatão	2	110	-26,181	-49,115
Cuiabá	Cuiabá	Cuiabá	-	39.200	-	-
Curuá-Una	Curuá-Una	Curuá-Una	1	16.273	-2,789	-54,292
Doce	Doce	Baú I	2	8.931	-20,250	-42,885
Doce	Doce	Candongá	2	9.033	-20,207	-42,849
Doce	Piracicaba	Guilman-Amorim	1	4.059	-19,708	-42,960
Doce	Severo	Sá Carvalho	1	4.235	-19,636	-42,806
Doce	Santo Antônio	Salto Grande MG	1	9.042	-19,149	-42,748
Doce	Santo Antônio	Porto Estrela	1	9.574	-19,116	-42,662
Doce	Doce	Baguari	2	38.413	-19,033	-42,117
Doce	Suaçuí-Grande	Traíra II	2	3.602	-18,367	-42,517
Doce	Doce	Aimorés	2	62.515	-19,438	-41,101
Doce	Doce	Mascarenhas	1	73.866	-19,500	-40,919
Doce	Doce	Foz	-	82.693	-	-
Guaporé	Guaporé	Guaporé	1	1.323	-15,124	-58,965
Guaíba	Guaíba	Foz	-	85.444	-	-
Ijuí	Ijuí	São José	3	9.515	-28,177	-54,750
Ijuí	Ijuí	Passo São João	3	10.175	-28,147	-55,059
Itabapoana	Itabapoana	Rosal	1	1.792	-20,917	-41,731
Itabapoana	Itabapoana	Foz	-	4.873	-	-
Itajaí	Itajaí	Salto Pilão	2	5.518	-27,109	-49,507
Itajaí	Itajaí	Foz	-	14.939	-	-
Itiquira	Itiquira	Itiquira I e II	1	4.955	-17,244	-54,750
Jacuí	Jacuí	Ernestina	1	1.069	-28,559	-52,547
Jacuí	Jacuí	Passo Real	1	8.261	-29,017	-53,183
Jacuí	Jacuí	Jacuí	1	8.304	-29,067	-53,200
Jacuí	Jacuí	Itaúba	1	10.783	-29,250	-53,237
Jacuí	Jacuí	Dona Francisca	1	13.346	-29,427	-53,272
Jamari	Jamari	Samuel	1	14.878	-8,750	-63,472
Jarí	Jari	Santo Antônio	2	52.199	-0,667	-52,513
Jarí	Jarí	Foz	-	57.566	-	-
Jauru	Jauru	Jauru	1	2.363	-15,236	-58,728
Jequitinhonha	Jequitinhonha	Irapé	2	15.920	-16,738	-42,575
Jequitinhonha	Jequitinhonha	Murta	2	23.580	-16,617	-42,283
Jequitinhonha	Jequitinhonha	Itapebi	1	68.383	-15,940	-39,521

Continua...
Continuação...

Bacia	Rio	Aproveitamento / Reservatório	Situação	Área de Drenagem (km ²)	Latitude	Longitude
Jequitinhonha	Jequitinhonha	Foz	-	70.099	-	-
Manso	Manso	Manso	1	9.324	-14,864	-55,794
Mucuri	Mucuri	Santa Clara MG	1	14.596	-17,594	-41,018
Mucuri	Mucuri	Foz	-	15.428	-	-
Paraguaçu	Paraguaçu	Pedra do Cavalo	2	53.735	-12,600	-38,983
Paraguaçu	Paraguaçu	Foz	-	54.827		
Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Paraibuna	1	4.286	-23,410	-45,601
Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Santa Branca	1	4.912	-23,372	-45,874
Paraíba do Sul	Jaguari	Jaguari	1	1.310	-23,195	-46,028
Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Funil	1	13.409	-22,530	-44,567
Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Santa Cecília	1	16.610	-22,479	-43,840
Paraíba do Sul	Piraí	Tócos	1	495	-22,683	-44,083
Paraíba do Sul	Piraí	Vigário	1	43	-22,630	-43,896
Paraíba do Sul	Piraí	Santana	1	863	-22,532	-43,820
Paraíba do Sul	Do Peixe	Picada	2	1.752	-21,907	-43,539
Paraíba do Sul	Paraibuna	Sobragi	1	3.656	-21,944	-43,363
Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Simplício	2	30.658	-22,033	-43,000
Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Ilha dos Pombos	1	32.346	-21,850	-42,583
Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Itaocara	2	33.996	-21,691	-42,160
Paraíba do Sul	Pomba	Barra do Braúna	2	7.158	-21,449	-42,404
Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Barra do Pomba	3	43.172	-21,633	-41,996
Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Cambuci	3	43.370	-21,583	-41,900
Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Foz	-	56.647	-	-
Parnaíba	Parnaíba	Ribeiro Gonçalves	3	31.105	-7,573	-45,290
Parnaíba	Parnaíba	Boa Esperança	1	84.966	-6,746	-43,573
Parnaíba	Parnaíba	Castelhano	3	234.607	-5,739	-43,091
Parnaíba	Parnaíba	Foz	-	332.111	-	-
Rib. das Lajes	Rib. das Lajes	Lages	1	333	-22,690	-43,863
Rib. das Lajes	Rib. das Lajes	Fontes	1	339	-22,699	-43,880
Rib. das Lajes	Rib. das Lajes	Nilo Peçanha	1	340	-22,691	-43,873
Rib. das Lajes	Rib. das Lajes	Pereira Passos	1	348	-22,686	-43,825

Continua...

Continuação...

Bacia	Rio	Aproveitamento / Reservatório	Situação	Área de Drenagem (km ²)	Latitude	Longitude
Tapajós	Tapajós	Foz	-	478.434	-	-
Uatumã	Uatumã	Balbina	1	18.899	-1,917	-59,467
Uruguai	Pelotas	Pai Querê	2	6.361	-28,328	-50,658
Uruguai	Pelotas	Barra Grande	2	12.028	-27,767	-51,217
Uruguai	Canoas	São Roque	3	10.215	-27,525	-50,859
Uruguai	Canoas	Garibaldi	3	13.134	-27,634	-50,968
Uruguai	Canoas	Campos Novos	2	14.514	-27,602	-51,317
Uruguai	Pelotas	Machadinho	1	32.073	-27,524	-51,785
Uruguai	Uruguai	Itá	1	44.258	-27,267	-52,381
Uruguai	Passo Fundo	Passo Fundo	1	2.220	-27,553	-52,731
Uruguai	Monjolinho	Monjolinho	2	3.802	-27,330	-52,737
Uruguai	Chapecó	Quebra Queixo	1	2.638	-26,650	-52,551
Uruguai	Uruguai	Foz do Chapecó	2	53.215	-27,093	-53,018
Uruguai	Uruguai	Foz	-	164.929	-	-
Xingu	Xingu	Belo Monte	3	484.093	-3,122	-51,702
Xingu	Xingu	Foz	-	512.117	-	-

(1) Aproveitamento em operação; (2) Aproveitamento com início do enchimento do volume morto previsto até dezembro de 2010 ou com solicitação de cálculo de energia assegurada; (3) Aproveitamento com inclusão sugerida pelo CCPE/MME.

Além deste Relatório, os produtos obtidos ao longo da execução do Contrato GPD-CT-017/05-1-2 foram:

- a) **RELATÓRIO PARCIAL 1 – ANÁLISE DAS PREMISAS, CRITÉRIOS, E METODOLOGIA**, contendo observações sobre a metodologia utilizada anteriormente pelo ONS e o detalhamento de rotinas e procedimentos para a obtenção de séries de vazões dos usos consuntivos, bem como Plano de Trabalho e Cronograma para a execução dos serviços.
- b) **RELATÓRIO PARCIAL 2 – CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÉDIA MENSAL**, contendo a descrição dos dados, listagem das estações meteorológicas utilizadas, resultados obtidos e os mapas mensais da evapotranspiração.
- c) **RELATÓRIO PARCIAL 3/1 – BASE CARTOGRÁFICA DIGITAL**, constituído de:
 - Cartas planimétricas georreferenciadas (*Scan-Map*)
 - Vetorização das seguintes entidades:
 - Campo de Pouso e Aeroporto;
 - Estradas de ferro;
 - Estradas pavimentadas Federal e Estadual;
 - Hidrografia (1º; 2º e 3º ordem);
 - Limite Estadual e Municipal

- Linhas de transmissão de energia;
- Perímetro Urbano, Cidades e Lugarejos;
- Toponímias;
- Usinas e Reservatórios

Os produtos foram elaborados com base nas determinações do Termo de Referência do Projeto, o qual estabelecia escala de trabalho em 1:250.000.

- d) **RELATÓRIO PARCIAL 3/2 – BASE CARTOGRÁFICA DIGITAL**, constituído da ampliação das áreas de estudo.
- e) **RELATÓRIO PARCIAL 4 – POSICIONAMENTO GEORREFERENCIADO DOS APROVEITAMENTOS E MALHA MUNICIPAL**, contendo a listagem completa dos aproveitamentos, situação e coordenadas geográficas, bem como a reconstituição da malha municipal de 1997 (IBGE, 1997), dos municípios contemplados pelas bacias em estudo até 1931.
- f) **RELATÓRIO PARCIAL 5 – VAZÕES MENSAS DE RETIRADA RETORNO E CONSUMO PARA O PERÍODO DE 1931 A 2003**, contendo os resultados obtidos para os usos urbano, rural, animal, irrigação e industrial.
- g) **RELATÓRIO PARCIAL 6 – VAZÕES MENSAS DE RETIRADA RETORNO E CONSUMO PARA O PERÍODO DE 2004 A 2010**, contendo os resultados obtidos para os usos urbano, rural, animal, irrigação e industrial com o apoio da formulação de cenários.
- h) **PROGRAMA COMPUTACIONAL**, contendo a versão atualizada do banco de dados utilizado pelo ONS em 2003, as novas rotinas para a estimativa da vazão do arroz irrigado por inundação e o novo processo de interpolação das vazões estimadas.

Visando obter o máximo de subsídios e, ao mesmo tempo, estabelecer um processo participativo de validação de resultados, foram realizadas quatro reuniões técnicas entre a Comissão e a equipe do Consórcio.

Também foram realizadas reuniões entre a Comissão de Acompanhamento e o Consórcio, com a finalidade de apresentar a metodologia do trabalho, os resultados dela obtidos e receber eventuais contribuições.

Todo esse esforço teve como objetivo principal gerar informações consistentes, que permitissem ao ONS obter as séries de vazões naturais de bacias hidrográficas do SIN, bem como, fundamentar cenários evolutivos que irão alimentar os seus modelos de planejamento de expansão e operação eletroenergética.

2. METODOLOGIA

2.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo o Consórcio apresenta a metodologia seguida na obtenção das séries de vazões para as atividades de uso consuntivo da água, proveniente do Projeto para Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional (ONS, 2003), com ajustes e alterações efetuados. Foram contemplados a irrigação, o abastecimento urbano, o abastecimento rural, a criação animal e o abastecimento industrial.

Adotou-se como referência preferencial os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, os disponíveis no ONS e na ANEEL e os dados, informações e documentos técnicos da ANA. Além dessas instituições, o Consórcio obteve, onde se fez necessário, em função da localização das bacias, informações de: Ministério da Integração Nacional – MI; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA; Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – MPOG; Instituto Nacional de Meteorologia – INMET; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA; Secretarias Estaduais de Planejamento, e de Recursos Hídricos; além de outras instituições nos Estados abrangidos.

Em relação às informações do IBGE, foram utilizados dados censitários dos levantamentos realizados em:

- Censos Demográficos: 1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1991 e 2000;
- Censos Agropecuários: 1940, 1950, 1960, 1970, 1975, 1980, 1985, e 1996;
- Censos Industriais: 1940, 1950, 1960, 1970, 1975, 1980 e 1985; e
- Pesquisa Industrial Anual: 1990, 1995 e 2001.

A coleta dos dados necessários à elaboração da base utilizada pelo Consórcio incluiu:

- dados demográficos municipais;
- dados socioeconômicos municipais;
- dados da geografia dos municípios;
- dados sobre a produção industrial dos municípios;
- dados climatológicos, exigidos para o cálculo da evapotranspiração;
- superfícies irrigadas em cada município;
- nível tecnológico dos produtores das áreas irrigadas; e
- dados estatísticos sobre os rebanhos municipais.

Também fez parte do escopo do projeto a elaboração das bases cartográficas digitais, obtidas da digitalização de cartas topográficas na escala 1:250.000 e sobre as quais foram vetorizadas as toponímias de interesse. Nesta atividade também foram delimitadas as áreas de contribuição dos aproveitamentos/bacias hidrográficas, o que permitiu a definição dos percentuais de participação de cada município nessas áreas.

Em relação às categorias de uso abordadas, destaque especial foi dado à estimativa das séries das vazões da irrigação. Esse destaque pode ser atribuído basicamente a três motivos:

- a agricultura irrigada representa a maior fatia entre os usos consuntivos, mas os números que indicam a sua participação têm sido obtidos por meio de aproximações simplificadas. A principal deficiência das estimativas atuais gira em torno do cálculo da demanda real de água pelos cultivos, que é função da evapotranspiração. Esta, como se sabe, depende de parâmetros climáticos, mas é também extremamente dependente de fatores agrônômicos, como manejo e espécie cultivada, fatores esses que nem sempre são devidamente considerados em alguns métodos menos elaborados;
- além de ser responsável por grande volume de retirada, a prática da irrigação é caracterizada por apresentar baixas taxas de retorno de água, ou seja, a maior parte de toda a água retirada (cerca de 80%) não retorna aos cursos d'água; e
- mesmo sendo a atividade que mais consome água, a irrigação ocupa hoje no Brasil pouco mais de 10% da área irrigável disponível. Isso mostra o enorme potencial de expansão da prática e permite antever o surgimento de novos conflitos pelo uso da água e o agravamento daqueles já instalados.

As vazões do abastecimento humano, divididas neste trabalho em abastecimento urbano e rural, foram obtidas pelo produto entre o número de habitantes e um consumo *per capita* adequado.

No abastecimento urbano a população municipal urbana atendida por rede geral de abastecimento foi multiplicada por coeficientes de retirada *per capita* calculados por faixas populacionais, para cada Estado, com base em dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (2000) do IBGE.

Para o abastecimento rural considerou-se, além da população rural, a população urbana não atendida, por admitir-se que ambas têm o mesmo padrão de suprimento. No cálculo das vazões, para as populações rural e urbana não atendidas por rede geral de abastecimento, adotou-se como referência, os *per capita* utilizados pelo documento Base de Referência do Plano Nacional de Recursos Hídricos (ANA, 2002a). No caso da população rural atendida por rede geral, foram adotados os mesmos *per capita* da população urbana também atendida.

Na estimativa das vazões para criação animal o processo foi semelhante. Multiplicou-se o efetivo municipal de cada espécie, obtido dos censos agropecuários, pelo consumo específico diário estimado da espécie.

Para o cálculo das vazões do abastecimento industrial, tomou-se como referência o valor da produção industrial de cada município. O valor da produção, obtido dos censos industriais, foi convertido em vazão por meio de coeficientes que o correlacionam com valores de retirada e retorno de água. Os coeficientes, por sua vez, foram calculados em função dos valores apresentados em "Regularização dos usos da água na bacia do Paraíba do Sul: manual de procedimento para outorga de uso da água

na indústria e mineração” (ANA, 2002) e agregados em classes pelo Consórcio, de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE do IBGE.

Em relação aos aspectos operacionais da execução dos serviços, conforme se previa, enfrentou-se uma dificuldade adicional na coleta de dados. Além dos condicionantes impostos pelo grande volume de informação necessário, esbarrou-se na qualidade, por vezes deficiente, dos dados básicos. Em particular, destaca-se a baixa densidade dos dados disponíveis para os estados da Região Norte nos censos anteriores à década de 70.

A obtenção das informações demandou um extenso trabalho de recuperação e digitação, uma vez que não existe material em meio digital relacionado às décadas de 40, 50, 60, 70 e 80.

Obter área e culturas exploradas sob irrigação também exigiu procedimento complexo. O IBGE, que apresenta os valores de área irrigada total por município em cada Censo, a partir de 1960, não desagrega tal informação por tipo de cultura, o que forçou a utilização de uma rotina em que, além dos dados municipais, foram levados em conta parâmetros dos Estados envolvidos, como o calendário de colheitas, por exemplo. Neste caso, pesa ainda o fato de o último Censo disponível ter sido realizado em 1995/96, o que forçou a adoção de taxas tendenciais de incremento da área irrigada (observadas no período de 1985 a 1996) para todas as bacias desde então.

Em relação às análises temporais, foi necessário considerar que desde 1930 a transformação da divisão política do Brasil tem sido intensa, mormente no que diz respeito ao surgimento de novos municípios. Principalmente nas duas décadas passadas, o crescimento do número de municípios, por fracionamento dos existentes, foi bastante significativo. Por isso, diante da inexistência de representação digital para os municípios brasileiros (malha municipal) anterior a 1997, a geração de séries de vazões para os municípios implicou a reconstituição dessa malha para cada ano em que foi realizado censo.

2.2 ELABORAÇÃO DAS BASES CARTOGRÁFICAS DIGITAIS

O escopo desse trabalho envolveu, além das áreas de contribuição dos aproveitamentos em estudo, as áreas entre o último aproveitamento de cada bacia e a foz dos rios estudados.

A base cartográfica das áreas estudadas envolveu, portanto, a utilização de 285 cartas planimétricas conforme demonstrado na Figura 1.

A base cartográfica foi elaborada a partir das folhas do Mapeamento Sistemático Brasileiro (Figura 1), na escala 1:250.000 (IBGE/DSG), conforme critérios estabelecidos no Anexo III do Termo de Referência (Carta-ONS 013/340/2004).

Os arquivos foram apresentados em meio digital no formato Autocad (DWG), ArcGIS (SHP/MXD), JPEG e JGW ou TIFF e TFW agrupados por bacias, obedecendo a nomenclatura do Código Internacional ao Milionésimo – CIM e ao Mapa Índice – MI, podendo haver, por vezes, arquivos duplicados, haja vista que alguns ScanMaps atendem mais de uma bacia em estudo.

As cartas imagens georreferenciadas foram confeccionadas a partir da escanerização das cartas planimétricas do IBGE/DSG para o sistema geodésico WGS 84, utilizando o Meridiano Central Padrão.

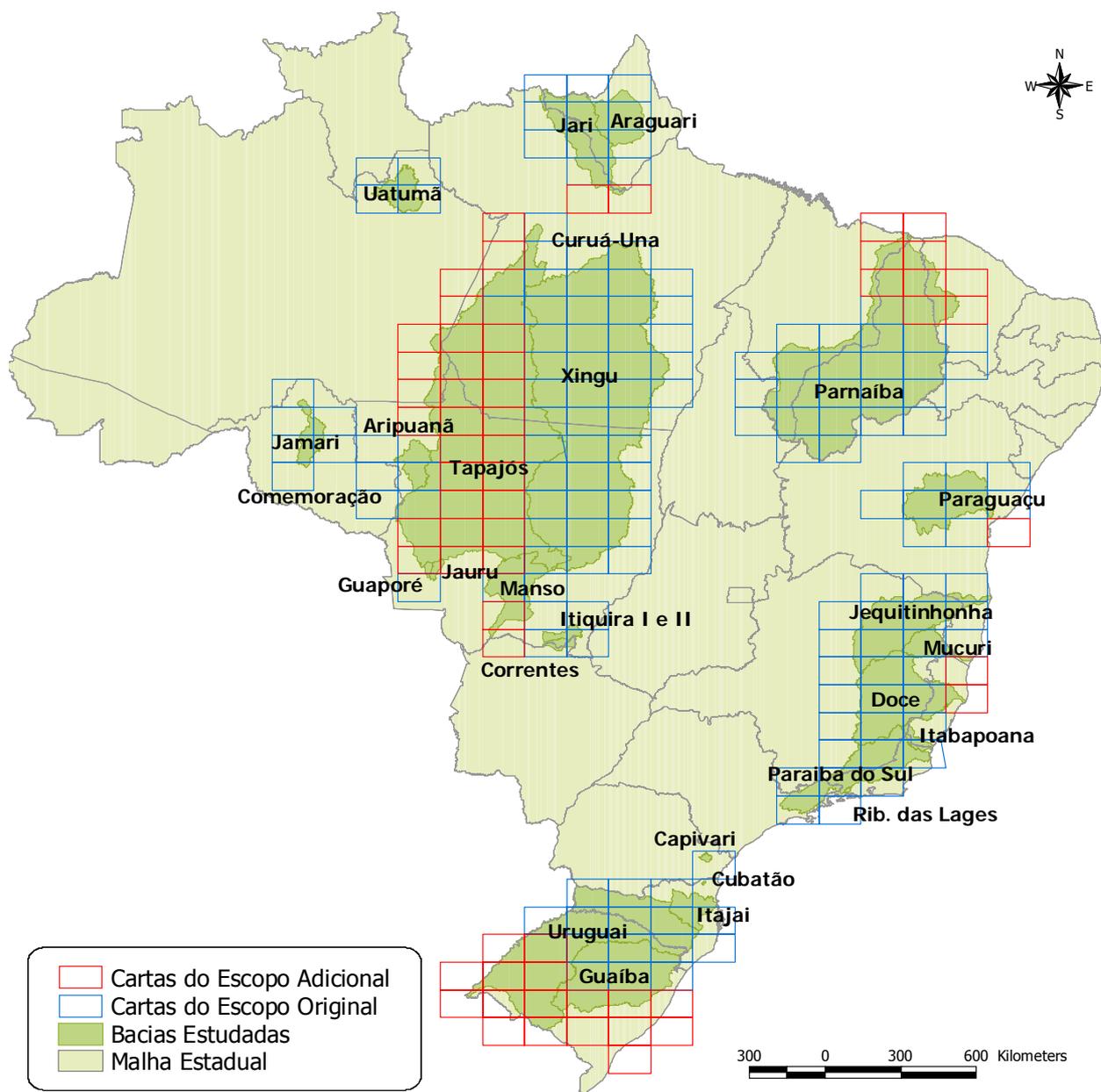


Figura 2. Demonstrativo das 285 cartas planimétricas utilizadas nesse estudo para elaboração da base cartográfica.

A vetorização das bases planimétricas obedeceu a seguinte sistemática:

- a) Importação dos dados vetoriais em formato Shape File da área da Amazônia Legal;
- b) Padronização desses dados digitais em camadas;

- c) Digitalização das entidades;
- d) Digitalização das informações das cartas do IBGE/DSG na escala 1:250.000, contendo:
 - Estrada pavimentada Federal;
 - Estrada pavimentada Estadual;
 - Estrada de ferro;
 - Limite Estadual e Municipal;
 - Linha de transmissão de energia;
 - Campo de pouso e aeroporto;
 - Hidrografia
 - Usinas e reservatórios;
 - Perímetro urbano.
- e) Conversão para ambiente ArcGis no formato Shape File (SHP/MXD).
- f) Inserção dos pontos das estações meteorológicas e pluviométricas;
- g) Integração e compatibilização das bases planimétricas vetorizadas para criação de um arquivo único de cada uma das bacias estudadas.

As informações contidas na área abrangida pela Amazônia Legal, foram convertidas para o Autocad (*.dwg) a partir dos arquivos Shape (*.shp) disponibilizados pelo IBGE (2005).

Diante da inexistência de representação digital para os municípios brasileiros (malha municipal) anterior a 1997, a geração de séries de vazões para os municípios implicou a reconstituição dessa malha para cada ano em que foi realizado censo. Cabe esclarecer que a adoção da base cartográfica do IBGE (1997), em detrimento da nova base disponível (IBGE, 2001), visou manter a coerência com o estudo anterior ONS, 2003.

Nos anos entre censos, interpolou-se os valores a serem utilizados de cada município. Nos casos em que municípios surgiam entre um censo e outro, provenientes de divisão municipal, adotou-se um processo de interpolação, em que os parâmetros de interesse de cada um deles foram interpolados entre zero, no censo imediatamente anterior à sua criação, e os valores do censo em que eles apareceram pela primeira vez. Procedimento inverso, porém análogo, foi empregado no caso de municípios que, também por motivo de divisão municipal, deixaram de existir na área de contribuição dos reservatórios. Esse trabalho de reconstituição possibilitou a espacialização das vazões obtidas ao longo de todo o período considerado, sem a existência de sobressaltos ou picos nas séries obtidas.

Para tanto, levou-se em consideração os percentuais das áreas dos municípios e das áreas irrigadas que compunham a malha municipal inicial, na determinação da influência da nova malha de forma a possibilitar a interpolação sem o surgimento de

valores discrepantes, porém verdadeiros, que causaria sobressaltos entre os resultados dos censos.

Vejam os um exemplo em que uma bacia possui no Censoⁿ dois municípios A e B que sofreram divisão no Censoⁿ⁺¹ sendo que A dividiu-se em A e C, e B dividiu-se em B e D. Com essa divisão, B teve aumento da sua área dentro da bacia e D ficou totalmente fora dela e que também houve aumento da área irrigada nos municípios A, B e C (Figura 3). Com esse tipo de situação e para efeito da interpolação adotada neste trabalho, levou-se em consideração, tanto os percentuais das áreas municipais de cada um dos municípios da nova configuração pertencentes à bacia hidrográfica, quanto os novos valores de área irrigadas apresentadas no Censoⁿ⁺¹.

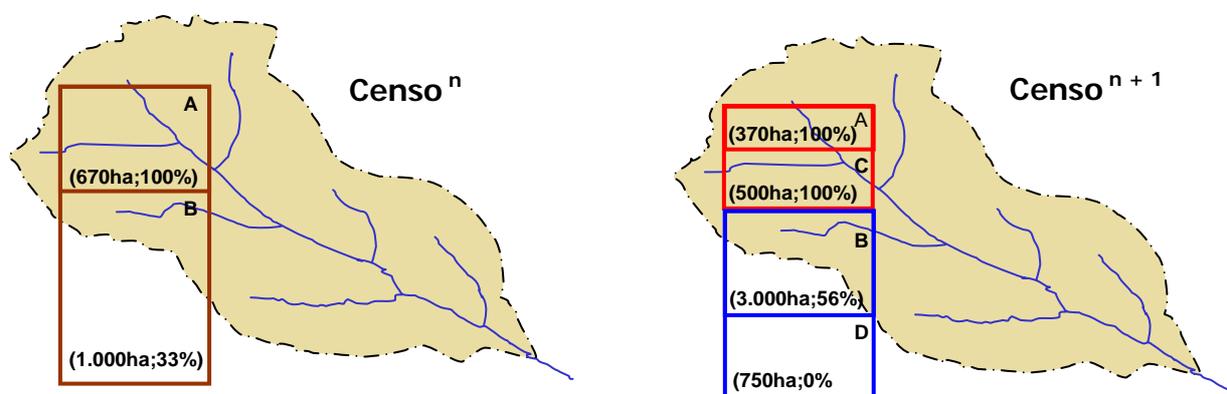


Figura 3. Situação hipotética da divisão municipal encontrada entre censos nesse trabalho.

2.3 ESTIMATIVA DAS SÉRIES DE VAZÕES PARA IRRIGAÇÃO

Neste capítulo, trata-se da estimativa das vazões de retirada, consumo e retorno relacionadas à irrigação dos cultivos. Essas vazões são função do balanço hídrico das áreas irrigadas, dos aspectos inerentes à espécie cultivada e ao tipo de irrigação e das condições de manejo aplicadas.

As etapas envolvidas na metodologia proposta pelo Consórcio para estimar tais valores de vazões, bem como o encadeamento entre elas, podem ser vistos de forma simplificada na Figura 4.

Os parâmetros necessários para a obtenção da vazão de retirada para irrigação, conforme a metodologia aqui empregada são:

- *Área Irrigada (A_i);*
- *Evapotranspiração real das culturas (ET_{rc});*
- *Precipitação efetiva (P_{ef}); e*
- *Eficiência de Aplicação (E_a) dos sistemas de irrigação.*

Nos procedimentos adotados para ao cálculo das vazões mereceu atenção especial o arroz cultivado sob irrigação por inundação dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, e na Bacia do Paraíba do Sul. Esse destaque foi necessário pois esse tipo de irrigação envolve uma dinâmica de uso da água, sobretudo de retirada e retorno, diferente dos demais.

2.3.1. Estimativa da área irrigada

Utilizou-se como fonte principal de informação os Censos Agropecuários do IBGE, que disponibilizam a área total irrigada por município a partir de 1960, período que coincide com o início da expansão da prática da irrigação no Brasil.

Foram utilizados os Censos Agropecuários dos anos de 1940, 1950, 1960, 1970, 1975, 1980, 1985 e 1995/1996. Para os anos anteriores a 1940 adotou-se, para todas as variáveis de interesse, exceto área irrigada, uma extrapolação com a tendência linear observada entre os censos de 1940 e 1950. Procedimento semelhante foi adotado para a obtenção da área total irrigada no município no período anterior a 1960, desta vez com a tendência definida pelos censos de 1960 e 1970. Nos anos posteriores à 1996, para a variável área irrigada por município, extrapolar-se a tendência observada entre 1985 e 1996 e, para as demais variáveis, repetiu-se os valores médios de 1996.

A determinação das áreas irrigadas exigiu uma metodologia específica. O cadastro de irrigantes, realizado nos tempos do Programa Nacional de Irrigação – PRONI, não é completo e o Cadastro de Outorga da ANA ainda está sendo consolidado.

A utilização do sensoriamento remoto neste caso permitiria a obtenção da área atualmente irrigada, mas não seria útil nas estimativas dessa variável para todo o período, uma vez que nem sempre existem imagens de qualidade de toda a área estudada e, quando existem, alcançam no máximo os últimos dez anos. Além disso, essa técnica, não raro, requer acompanhamento de campo, inviável no prazo disponível.

A metodologia para estimativa das séries de vazões para irrigação pode ser vista, de forma resumida, na Figura 4.

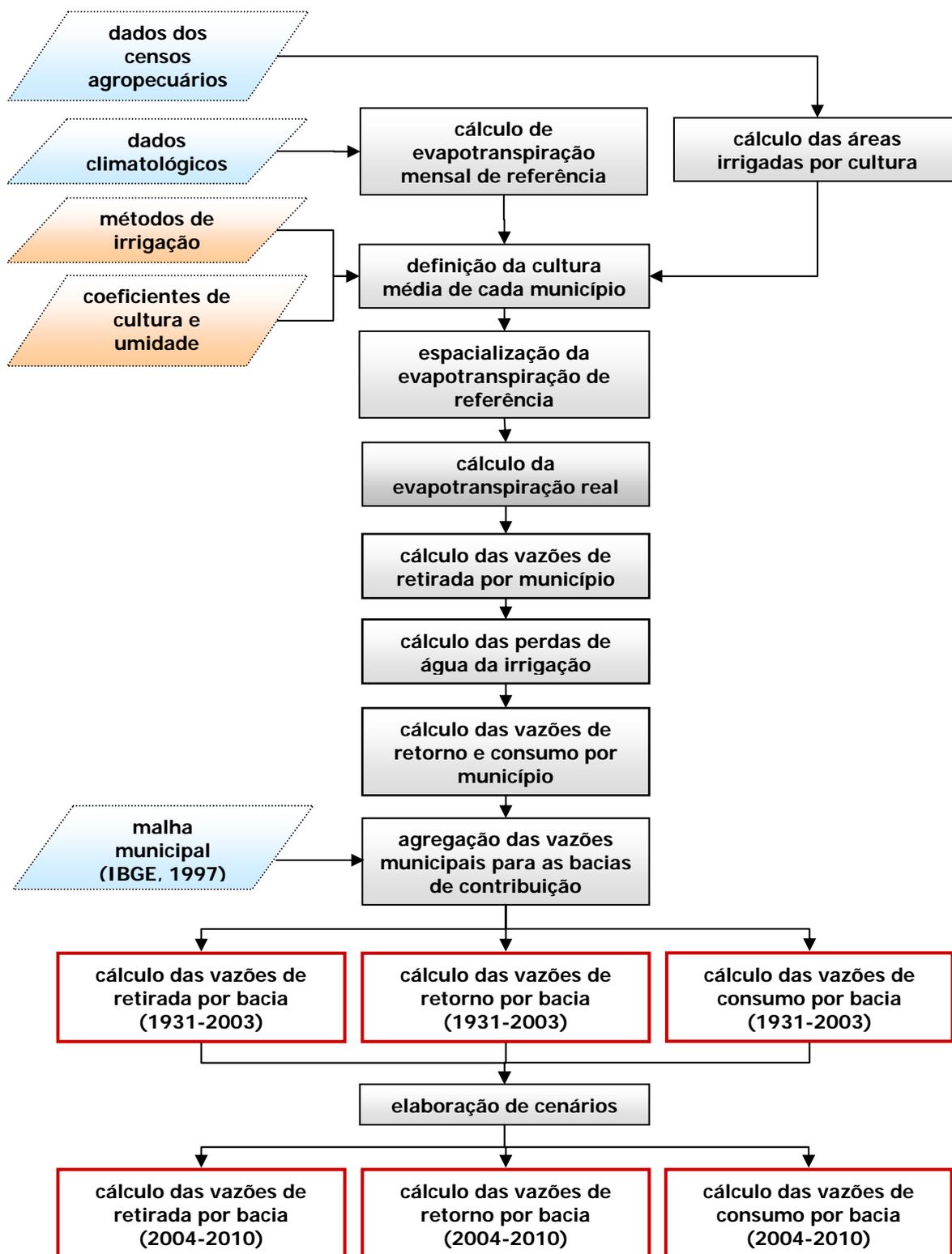


Figura 4. Fluxograma simplificado da metodologia utilizada na estimativa das séries de vazões para a irrigação.

Os dados a respeito de outorgas da ANA e das instituições estaduais de recursos hídricos, ainda não completos, serviram apenas como informação complementar. Esses dados foram utilizados na etapa anterior (ONS, 2003) para comparação dos resultados obtidos com as vazões outorgadas. É importante destacar que os cadastros de outorga têm um enfoque diferente do aqui proposto. Em geral, buscam retratar a demanda máxima ou demanda de projeto de cada usuário, e não, o seu regime real de utilização de água.

Como os dados constantes nos censos do IBGE referem-se apenas à área total irrigada e à área ocupada com cada cultura no município, ou seja, uma vez que não existe nos censos informação específica de área irrigada por cultura no nível de desagregação municipal, foi necessário estimá-la. Para isso, partiu-se da informação de área irrigada por cultura que os censos disponibilizam para os Estados. Admitiu-se que, em cada município, a proporção entre área colhida e área irrigada com uma determinada cultura é a mesma verificada no Estado ao qual pertence o município. Considerou-se, portanto, que, em média, os municípios têm a mesma relação área irrigada/área colhida, para cada cultura, que os Estados a que pertencem.

O processo de obtenção da área irrigada por cultura no município foi então dividido em duas etapas. Na primeira, um valor inicial da área irrigada de cada cultura no município foi obtido pela equação:

$$Ai_{c,a,vi} = \frac{Ac_{c,a}}{Ac_{e,c,a}} Ai_{e,c,a} \quad (1)$$

Em que: $Ai_{c,a,vi}$ = valor inicial (vi) da área irrigada no município para a cultura (c) e ano (a), ha;

$Ai_{e,c,a}$ = área irrigada no Estado (e) para a cultura (c) e ano (a), ha, obtida no censo do IBGE;

$Ac_{e,c,a}$ = área colhida no Estado (e) para a cultura (c) e ano (a), ha, obtida no censo do IBGE; e

$Ac_{c,a}$ = área colhida no município para a cultura (c) e ano (a), ha, obtida no censo do IBGE.

Na segunda etapa, procurou-se garantir que o valor de área irrigada total do município obtido do IBGE, fosse preservado, ou seja, buscou-se evitar que a soma dos valores iniciais de cada cultura, obtida na etapa anterior para um determinado município, fosse diferente do valor de área irrigada total fornecido pelos censos para esse município. Garantiu-se, em outras palavras, que os valores de área irrigada por cultura fossem, no total, iguais ao valor da área irrigada total do município obtida do IBGE. Esta segunda etapa consistiu em aplicar um fator de proporção de área adimensional dado por:

$$fp = \frac{Ai_{t,a}}{\sum_{i=1}^n Ai_{c,a,vi}} \quad (2)$$

Em que: $Ai_{t,a}$ = área total (t) irrigada no município no ano (a), ha, obtida nos censos agropecuários do IBGE.

Assim, o valor da área anual irrigada por cultura no município ($A_{i,c,a}$), no anos dos censos agropecuários, foi obtido por:

$$A_i = A_{i,c,a,vi} \cdot fp \quad (3)$$

Até então, como se viu, trabalhou-se com valores anuais de área. Porém, os demais passos da rotina, até a estimativa das vazões, são realizados em base mensal.

Para converter os valores de área irrigada por cultura de cada município em valores mensais foi utilizado o calendário de colheita do Censo Agropecuário 1995-1996. O calendário de colheita representa a divisão da área total colhida no Estado para cada cultura nele presente, nos meses nos quais ocorre a colheita (Quadro 2).

Quadro 2. Exemplo de calendário de colheita estadual, para uma cultura qualquer, tal como apresentado no Censo Agropecuário do IBGE.

Meses da colheita	Área (ha)
Agosto	1.123
Setembro	911
Outubro	450
Novembro	875
Dezembro	561
Janeiro	624
Fevereiro	1.116
Março	2.262
Abril	8.435
Maio	10.433
Junho	3.438
Julho	1.493
TOTAL	31.721

A sua aplicação no nível municipal exigiu a conversão dos valores apresentados em percentuais do total colhido (Quadro 3). Com isso, foi possível estabelecer, para cada município, um calendário de colheitas, multiplicando a área colhida no município com uma determinada cultura pelos valores percentuais do calendário estadual.

Quadro 3. Exemplo de calendário de colheita convertido para percentuais do total colhido no Estado. (obtido do Quadro 2).

Meses da colheita	% da Área
Agosto	3,54
Setembro	2,87
Outubro	1,42
Novembro	2,76
Dezembro	1,77
Janeiro	1,97
Fevereiro	3,52
Março	7,13
Abril	26,59

Meses da colheita	% da Área
Maio	32,89
Junho	10,84
Julho	4,71
TOTAL	100,00

Assim, iniciando da menor área colhida com uma determinada cultura (mês de outubro no Quadro 3) e seguindo-se, sucessivamente, para a imediatamente superior (dezembro, janeiro e novembro no Quadro 3), até que toda a área irrigada anual ($A_{i,c,a}$) tenha sido alocada em nível mensal, estabelece-se o calendário da irrigação dessa cultura no município.

Esse procedimento é decorrente da colheita ser, na sua grande maioria, proveniente da cultura de sequeiro processada nos meses mais úmidos com o proveito da precipitação, quando é mais barato produzir. Também é natural que, mesmo dispondo da infra-estrutura para a irrigação, os produtores somente a utilizem quando não há chuva. Com isso é possível concluir que, muito provavelmente, as menores quantidades colhidas no calendário do Quadro 2 foram obtidas nos meses menos chuvosos e sob irrigação.

Como exemplo, e em relação ao Quadro 3, a Figura 5 apresenta um calendário fictício para uma Cultura A, com ciclo de 2,5 meses, que foi colhida em 700 ha sob irrigação, em um município qualquer onde foram plantados 10.000 ha dessa cultura.

É necessário esclarecer que a época de plantio é estabelecida a partir de duas informações: Calendário de colheita do Censo Agropecuário do IBGE (1995/1996) e a duração do ciclo das culturas. Conhecendo-se a data de colheita subtrai-se a quantidade de dias do ciclo da cultura, determinando assim, a data de plantio.

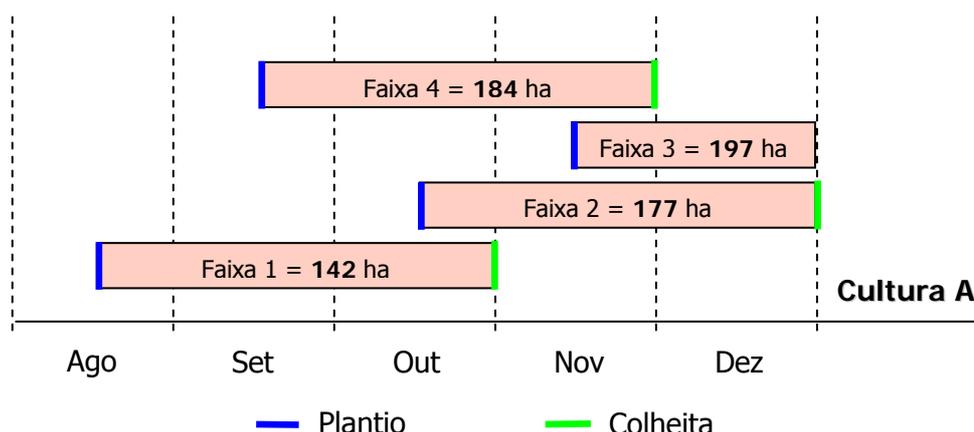


Figura 5. Exemplo de calendário de colheita para um município qualquer, onde foram colhidos 700 ha sob irrigação de uma cultura A fictícia, com ciclo de 2,5 meses.

A área irrigada da cultura A em um determinado mês é a soma de todas as faixas presentes nesse mês. Nos demais meses, quando não há faixas, a área irrigada recebe valor zero ($A_i = 0$).

Essa rotina é adotada para todas as culturas presentes em cada um dos municípios contidos nas bacias estudadas. A área irrigada total (A_{it}) num determinado mês é a soma das áreas irrigadas de cada uma das n culturas presentes nesse mês, obtida pela equação 4.

$$A_{it} = (A_{i_1} + A_{i_2} + \dots + A_{i_n}) \quad (4)$$

Em que: A_{it} = área total irrigada no município (ha);

A_{i_1} = área irrigada da cultura 1 (ha);

A_{i_2} = área irrigada da cultura 2 (ha);

A_{i_n} = área irrigada da cultura n (ha);

2.3.2. Estimativa da evapotranspiração

O termo evapotranspiração foi utilizado pela primeira vez por THORNTHWAITE (1948), para expressar a ocorrência simultânea da evaporação e da transpiração de uma comunidade vegetal de pequeno porte que cobre totalmente o solo.

Segundo THORNTHWAITE e HARE (1965), citados por VAREJÃO–SILVA (2000), Thornthwaite introduziu o termo evapotranspiração potencial (ETP) com o objetivo de estabelecer um parâmetro comparativo, definindo-o como a perda de água por parcela de solo úmido, totalmente revestida de vegetação e suficientemente extensa para eliminar o efeito oásis. PENMAN, em 1956, citado por TANNER & PELTON (1960), modificou um pouco o conceito original de evapotranspiração potencial, definindo-a como sendo a quantidade de água transpirada na unidade de tempo, a partir de uma vegetação rasteira e verde, recobrando totalmente o solo, com altura uniforme e sem jamais sofrer limitações hídricas.

BERNARDO (1989) definiu:

- **Evapotranspiração de Referência (ET_o)** como sendo a evapotranspiração de uma superfície extensiva, totalmente coberta com grama de tamanho uniforme, com 8 a 15 cm de altura e em fase de crescimento ativo, em um solo com ótimas condições de umidade;
- **Evapotranspiração Potencial da Cultura (ET_{pc})** como a evapotranspiração de determinada cultura quando se tem ótimas condições de umidade e nutrientes no solo, de modo a permitir a produção potencial dessa cultura nas condições de campo; e
- **Evapotranspiração Real da Cultura (ET_{rc})** como a quantidade de água evapotranspirada por uma determinada cultura, sob condições normais de cultivo, isto é, sem a obrigatoriedade de o teor de umidade do solo permanecer próximo da capacidade de campo.

Uma vez que a medida direta da evapotranspiração é difícil, onerosa e exige instalações e equipamentos especiais, o que justifica sua utilização apenas em condições experimentais, THORNTHWAITE (1948), PENMAN (1956), BLANEY & CRIDDLE (1950) e TURC (1955), citados por BUTLER & MIRANDA (1984) entre outros,

desenvolveram equações matemáticas para estimá-la a partir de parâmetros meteorológicos (D'ANGIOLELLA, 2003).

Em trabalhos recentes o método de Penman–Monteith–FAO foi recomendado por ser o mais preciso e, portanto, considerado como referência para este tipo de estimativa (LUCHIARI JR. & RIHA, 1991; SMITH, 1991; DECKER, 1994; FERREIRA, 1998, FERREIRA et al., 2001). Estudos comparativos entre estimativas da evapotranspiração de referência e medidas diretas de lisímetros realizados por ALLEN et al. (1989), em diversos locais do mundo, indicaram o método de Penman–Monteith como o mais confiável, tendo sido adotado pela FAO a partir de 1990. De acordo com AMORIM et al (2001), tal método representa uma boa opção para estimar a evapotranspiração de cultivos agrícolas, por ser estruturado dentro de conceitos que associam a termodinâmica atmosférica a parâmetros fisiológicos dos vegetais (resistências aerodinâmica e estomática).

Assim, as séries de vazões para a irrigação obtidas neste trabalho tiveram como base a E_{Trc} , com a E_{To} estimada pelo método de Penman–Monteith–FAO. Para isso foram utilizados os seguintes parâmetros meteorológicos:

- *Temperaturas média, máxima e mínima ($^{\circ}C$);*
- *Umidade relativa (%);*
- *Velocidade do vento ($m.s^{-1}$); e*
- *Insolação (h).*

Os parâmetros foram obtidos das Normais Climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, dos períodos 1931 – 1960 e 1961 – 1990 e de médias de longo período (1985 a 2004) de estações operadas pelo mesmo Instituto. Como a irrigação passou a ser relevante a partir da década de 60, as Normais do período 1961 – 1990 foram adotadas nas estações em que estavam disponíveis. As do período 1931 – 1960, foram utilizadas nas estações em que não se dispunha de Normais calculadas para 1961 – 1990. Além dos dados das Normais, e tendo como objetivo adensar a malha de estações, foram selecionadas algumas estações com médias de longo período superiores a 15 anos de dados.

Sabe-se também que as Normais não disponibilizam os valores médios de velocidade do vento. Isso fez com que fosse necessário calcular a média de longo prazo desse parâmetro em todas as estações utilizadas.

Devido à disposição descontínua das bacias estudadas e visando a melhorar a qualidade do cálculo da evapotranspiração e da espacialização dos seus resultados, diferentemente do que foi utilizado no projeto ONS (2003), o Consórcio propôs a utilização de um conjunto único de estações para todo o Brasil a partir das estações meteorológicas do INMET no Brasil.

Essa mudança na metodologia trouxe melhorias ao processo de obtenção da E_{To} , uma vez que a criação de bases de dados meteorológicos específicas para cada bacia ocasionaria distorções na evapotranspiração obtida pelo processo de interpolação, devido à diferenciação da quantidade e distribuição das estações em cada bacia.

Também foi efetuado, com o objetivo de eliminar inconsistências na base de dados, um levantamento minucioso dos nomes, códigos, coordenadas geográficas e

altitudes de cada uma das estações contidas nas Normais, a partir do cadastro atualizado das estações meteorológicas do INMET.

Para a utilização dessa configuração de estações, foram feitos dois tipos de análises: uma espacial e outra temporal.

Na análise espacial foi avaliado se o número de estações disponíveis para um determinado período era suficiente para representar a região em estudo. Neste caso, as análises mostraram que as Normais de um único período não formariam um conjunto suficientemente denso para representar toda a área. Isso fez com que se propusesse a utilização, ao mesmo tempo, de estações com Normais dos períodos 31-60 e 61-90 e as médias de longo período de algumas outras estações. Além disso, a densidade de estações meteorológicas mostrou-se bastante reduzida na região Norte e Centro-Oeste, assim como nas áreas fronteiriças do Brasil o que obrigou a utilização de estações complementares da FAO em países da América do Sul, gerando assim, informações mais consistentes para todo o território nacional.

Os resultados mostraram ainda que muito necessita ser feito para que se tenha no Brasil uma rede de estações com boa densidade, contudo, dada a natureza do estudo aqui realizado e em função do início da expansão da prática da irrigação ter se dado a partir da década de 60, período a partir do qual melhora a densidade das estações meteorológicas no País, considerou-se viável a utilização do conjunto de estações disponível.

Na análise temporal avaliou-se se existiriam diferenças significativas entre os períodos considerados. Do ponto de vista temporal, a comparação entre Normais calculadas em diferentes épocas, por exemplo, a análise das Normais 31-60 e 61-90, para uma mesma localidade, permite a verificação das alterações climáticas ocorridas para a localidade em estudo. A evapotranspiração de referencia foi calculada para o grupo de estações que dispunham de Normais dos períodos 31-60 e 61-90 e os resultados, comparados para cada estação. No geral não foram observadas diferenças significativas entre os dois períodos, o que também confirmou a viabilidade da utilização da configuração proposta.

As análises realizadas indicaram em conjunto, que a utilização de uma base de maior densidade, independentemente do período das médias utilizadas, demonstraria, de maneira mais fiel, as condições do clima regional.

É importante salientar que, muitas vezes, devido à ausência de 30 anos de dados, utilizam-se médias de longo prazo¹, cobrindo períodos menores de 30 anos, para a definição das características climáticas de uma determinada região. Esse artifício, utilizado pelo Consórcio nas estações adicionais às Normais Climatológicas, foi empregado pelo INMET na obtenção das Normais 1961-1990.

O Quadro 4 apresenta a composição da malha de estações utilizadas e a Figura 6, a distribuição espacial dessas estações.

¹ As normais são obtidas através do cálculo das médias, obedecendo a critérios recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Esses critérios, porém, não são claros no que diz respeito a períodos inferiores a trinta anos. Para tentar suprir essa deficiência, uma equipe de técnicos reuniu-se em Washington D.C. em março de 1989, e elaborou um documento (WCPD n.º. 10) que procurava estabelecer procedimentos padronizados para o cálculo das Normais Climatológicas. Deu-se assim, uma orientação sobre como proceder em relação às estações cujas séries não alcançavam o período padronizado, mas ficavam acima de dez anos. Nesse caso convencionou-se que seriam denominadas Normais Climatológicas Provisórias. No Brasil, para maior validade, adota-se somente séries superiores a quinze anos.

Quadro 4. Estações meteorológicas utilizadas.

Fonte	Período	Quantidade de estações
Normais Climatológicas 1931-1960	1931 a 1960	54
Normais Climatológicas 1961-1990	1961 a 1990	200
Adicionais ONS 1 ²	1961 a 1978	7
Adicionais INMET	1985 a 2004	69
Adicionais CLIMWAT – FAO	-	31
Total	-	361

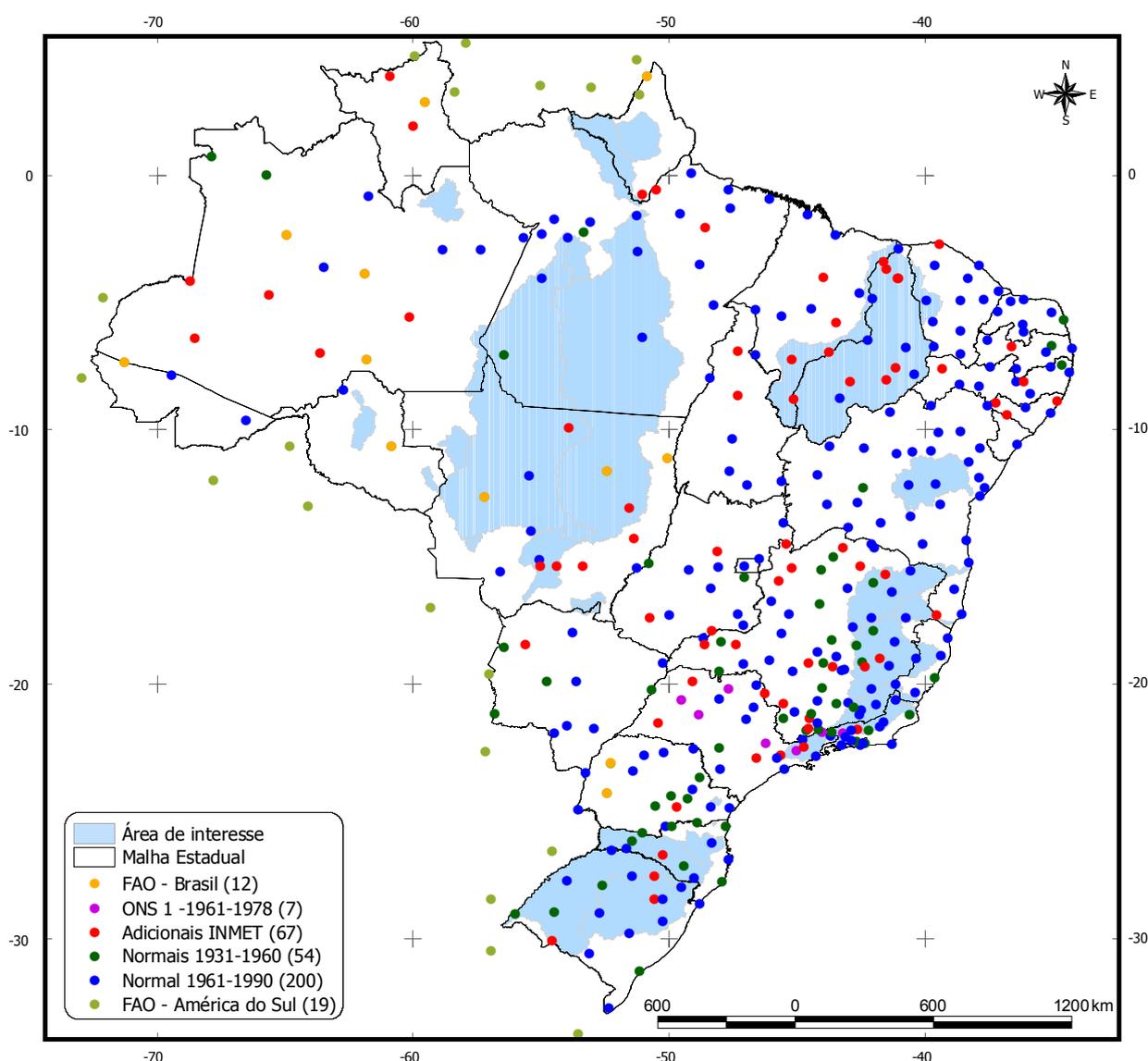


Figura 6. Distribuição espacial das estações meteorológicas utilizadas.

² A sigla ONS 1 refere-se ao trabalho de Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN, realizado pelo ONS em 2003.

A estimativa da evapotranspiração de referência utilizando o método de Penman–Monteith–FAO foi realizada por meio da equação abaixo, escrita conforme ALLEN et al. (1998):

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot s \cdot (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{s + \gamma \cdot (1 + 0,34U_2)} \quad (5)$$

Em que: ET_o = evapotranspiração de referência ($mm.d^{-1}$);

s = declividade da curva de pressão de vapor ($kPa.^{\circ}C^{-1}$);

R_n = saldo da radiação ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$);

G = fluxo de calor no solo ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$);

γ = constante psicrométrica ($kPa.^{\circ}C^{-1}$);

T = temperatura média ($^{\circ}C$);

U_2 = velocidade do vento a 2 m ($m.s^{-1}$);

e_s = pressão de saturação de vapor d'água à temperatura do ar (kPa);

e_a = pressão real de vapor da água (kPa).

A declividade da curva de pressão de vapor à temperatura do ar foi obtida por:

$$s = \frac{4098 \cdot e_s}{(T + 237,3)^2} \quad (5.1)$$

Em que: s = declividade da curva de pressão de vapor à temperatura do ar ($kPa.^{\circ}C^{-1}$);

Onde:

$$e_s = 0,6108 \cdot e^{[17,27 \cdot \left(\frac{T}{T + 237,3} \right)]} \quad (5.2)$$

O saldo da radiação (R_n) foi calculado de acordo com a proposta de ALLEN et al. (1998), pela soma dos saldos da radiação de ondas curtas e da radiação de ondas longas:

$$R_{ns} = R_{ns} + R_b \quad (5.3)$$

Em que: R_n = saldo da radiação líquida ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$);

R_{ns} = saldo da radiação de ondas curtas ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$);

R_b = saldo da radiação de ondas longas ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$);

O saldo da radiação de ondas curtas foi obtido por:

$$R_{ns} = (1 - r) \cdot R_s \quad (5.3.1)$$

Em que: R_{ns} = saldo de radiação de ondas curtas ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$);
 r = coeficiente de reflexão para cultura da grama (0,23);
 R_s = radiação solar incidente ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$).

A estimativa da radiação solar incidente (R_s) é feita pela equação de Angström (VAREJÃO–SILVA, 2000), dada por:

$$R_s = \left(a + b \frac{n}{N} \right) \cdot R_a \quad (5.3.2)$$

Em que: R_s = radiação solar incidente ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$);
 a = coeficiente de regressão;
 b = coeficiente de regressão;
 n = corresponde ao número de horas de insolação diária (h);
 N = o número máximo de horas de insolação para cada localidade (h);
 R_a = radiação no topo da atmosfera ($mm.d^{-1}$)

O coeficiente a foi obtido mediante aplicação da fórmula:

$$a = 0,29 \cdot \cos(\varphi) \quad (5.3.3)$$

Em que: φ = latitude da localidade (Graus decimais).

IQBAL (1983), citado por VIANELLO & ALVES (1991), apoiado em estimativas feitas por GLOVER & McCULLOCH (1958), afirma que o coeficiente b com valor de 0,52 tem apresentado bons resultados. Este foi o valor adotado.

A radiação no topo da atmosfera (R_a) foi obtida por:

$$R_a = 37586 \cdot d_r \cdot [(w_s \cdot \text{sen}L \cdot \text{sen}d) + (\cos L \cdot \text{sen}w_s)] \quad (5.3.4)$$

Em que: R_a = radiação no topo da atmosfera ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$);
 d_r = distância relativa Terra-Sol (Rad);
 L = latitude local (Graus decimais);
 d = declinação solar (Rad);
 w_s = ângulo horário do pôr-do-sol (Rad).

Onde a distância relativa terra-sol (d_r) foi estimada por:

$$d_r = 1 + 0,033 \cdot \cos \left[\left(\frac{2 \cdot \pi}{365} \right) \cdot J \right] \quad (5.3.5)$$

Em que: d_r = distância relativa Terra-Sol (Radianos);

J = dia juliano;

O saldo da radiação de ondas longas foi estimado por:

$$R_b = - \left[0,9 \cdot \left(\frac{n}{N} \right) + 0,1 \right] \cdot [0,34 - 0,14 \cdot \sqrt{e_s}] \cdot c \cdot \frac{(T_{kx}^4 + T_{kn}^4)}{2} \quad (5.3.6)$$

Em que: c = constante de Stefan-Boltzmann = $4,903 \times 10^9$ (MJ.m⁻².dia⁻¹.K⁴);

T_{kx} = temperatura virtual máxima diária (°K);

T_{kn} = temperatura virtual mínima diária (°K).

O valor da constante psicrométrica média foi determinado, em função da altitude de cada local, conforme descrito por ALLEN et al. (1998), como sendo:

$$\gamma = 0,665 \cdot 10^{-3} \cdot P \quad (5.4)$$

Em que: P = pressão atmosférica local (kPa).

O fluxo de calor no solo G foi determinado conforme descrito por ALLEN et al. (1998), para a escala mensal usando as temperaturas médias obtidas nas estações meteorológicas, sendo descrita como:

$$G = 0,07 \cdot (T_{mês,i+1} - T_{mês,i-1}) \quad (5.5)$$

Em que: $T_{mês,i+1}$ = temperatura média do mês subsequente (°C);

$T_{mês,i-1}$ = temperatura média do mês anterior (°C).

Por fim, a pressão real de vapor utilizada na equação 1 foi estimada por:

$$e_a = e_s \cdot \left(\frac{UR}{100} \right) \quad (5.6)$$

Em que: e_a = pressão real do vapor da água (kPa);

UR = umidade relativa do ar (%).

Como a evapotranspiração de referência foi determinada a partir de variáveis meteorológicas obtidas de forma pontual (em cada estação meteorológica), o Consórcio

especializou os valores pontuais para cada sede municipal, utilizando o método de extrapolação pelo inverso do quadrado da distância.

No Anexo 1 são apresentados os resultados da evapotranspiração de referência para os 12 meses do ano, conforme descrito neste item, especializados para a área do estudo.

Conforme PEREIRA et al. (2001), o comportamento da evapotranspiração real da cultura acompanha o crescimento progressivo dessa cultura, do plantio até a colheita. Contemplar tal variação nos cálculos é fundamental, pois ela representa a quantidade de água que deve ser repostada ao solo para manter o crescimento e a produção em condições ideais.

A utilização da evapotranspiração real da cultura em lugar da evapotranspiração potencial, no presente trabalho, se justifica, pois esta tende a superestimar a demanda de água para irrigação, uma vez que se estaria considerando que a umidade do solo permanece constante e próxima à capacidade de campo, ou seja, $k_s = 1$, o que não corresponde à realidade.

No estudo do projeto GEF São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2002), que abrangeu 55 projetos de irrigação, em 82% das avaliações realizadas em propriedades que utilizam irrigação localizada esta foi deficitária e, em 58% dos casos, foi feita após o momento adequado. Para os sistemas de irrigação por aspersão, 77% das avaliações indicaram irrigações com déficit e 68% das irrigações foram feitas após o momento adequado. Assim sendo, a consideração da evapotranspiração como sendo igual à potencial de fato promoveria uma grande superestimativa da vazão de retirada.

Os valores estimados e especializados de evapotranspiração de referência foram convertidos em evapotranspiração potencial da cultura (ET_{pc}) e desta em evapotranspiração real da cultura (ET_{rc}), com a utilização do coeficiente de cultura (K_c) e do coeficiente de umidade do solo (K_s), respectivamente.

A partir das datas de colheita específicas de cada Estado, obtidas do Censo Agropecuário do IBGE (1995/96), e dos principais cultivos explorados em cada município, obtidos de cada um dos Censos Agropecuários utilizados, foi possível a utilização do coeficiente de cultivo (K_c) recomendado por ALLEN et al. (1998), no boletim FAO Irrigation and Drainage, 56 (Quadro 5), para o cálculo da ET_{pc} pela equação 6, apresentada por BERNARDO (1989):

$$ET_{pc} = ET_o \cdot K_c \quad (6)$$

Em que: ET_{pc} = evapotranspiração potencial da cultura ($mm.dia^{-1}$);

ET_o = evapotranspiração de referência ($mm.dia^{-1}$);

K_c = Coeficiente da cultura (adimensional).

A ET_{rc} foi estabelecida mediante aplicação da seguinte equação (BERNARDO, 1989):

$$ET_{rc} = ET_{pc} \cdot K_s \quad (7)$$

Em que: ET_{rc} = evapotranspiração real da cultura ($mm.dia^{-1}$);

K_s = Coeficiente de umidade do solo (adimensional);

Os valores de K_s aqui utilizados foram obtidos pelo projeto GEF São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2002). A saber:

- Irrigação por aspersão: $K_s = 0,81$; e
- Irrigação localizada: $K_s = 0,88$.

Quadro 5. Valores de Coeficientes de Cultura (K_c).

Cultura	$K_{c_{ini}}$	$K_{c_{méd}}$	$K_{c_{fin}}$
a. Pequenos Legumes	0,7	1,05	0,95
Brócolis		1,05	0,95
Couve de Bruxelas		1,05	0,95
Repolho		1,05	0,95
Cenoura		1,05	0,95
Couve Flor		1,05	0,95
Aipo		1,05	1,00
Alho		1,00	0,70
Alface		1,00	0,95
Cebolas			
- Secas		1,05	0,75
- Verdes		1,00	1,00
- Sementes		1,05	0,80
Espinafre		1,00	0,95
Rabanete		0,90	0,85
b. Legumes - Família Solanum (<i>Solanaceae</i>)	0,6	1,15	0,80
Berinjela		1,05	0,90
Pimentão (sweet pepper)		1,05	0,90
Tomate		1,15	0,70 - 0,90
c. Legumes - Família dos Pepinos (<i>Cucurbitaceae</i>)	0,5	1,00	0,80
Cantaloupe	0,5	0,85	0,60
Pepino			
- Fresh Market	0,6	1,00	0,75
- Colhido mecanicamente	0,5	1,00	0,90
Abóbora		1,00	0,80
Abobrinha		0,95	0,75
Melões		1,05	0,75
Melancias	0,4	1,00	0,75
d. Raízes e Tubérculos	0,5	1,10	0,95
Beterrabas		1,05	0,95
Mandioca			
- ano 1	0,3	0,80	0,30
- ano 2	0,3	1,10	0,50
Batata		1,15	0,75
Batata Doce		1,15	0,65
Nabo		1,10	0,95
Beterraba Doce	0,35	1,20	0,70
e. Legumes (<i>Leguminosae</i>)	0,4	1,15	0,55
Feijão verde	0,5	1,05	0,90
Feijões, secos	0,4	1,15	0,35

Cultura	KC _{ini}	KC _{méd}	KC _{fin}
Grão-de-bico		1,00	0,35
Fava			
- Fresco	0,5	1,15	1,10
- seco/semente	0,5	1,15	0,30
Amendoim		1,15	0,60
Lentilha		1,10	0,30
Ervilhas			
- Fresca	0,5	1,15	1,10
- Seca/Semente		1,15	0,30
Soja		1,15	0,50
f. Vegetais Perenes (Com "dormência de inverno" inicialmente solo limpo ou "Mulched")	0,5	1,00	0,80
Alcachofras	0,5	1,00	0,95
Aspargo	0,5	0,95	0,30
Hortelã	0,60	1,15	1,10
Morangos	0,40	0,85	0,75
g. Fibras	0,35		
Algodão		1,15 - 1,20	0,70 - 0,50
Flax		1,10	0,25
Sisal		0,40 - 0,70	0,4 - 0,70
h. Oleaginosas	0,35	1,15	0,35
Rícino (<i>Ricinus</i>)		1,15	0,55
Canola		1,0 - 1,15	0,35
Gergelim		1,10	0,25
Girassol		1,0 - 1,15	0,35
i. Cereais	0,3	1,15	0,4
Cevada		1,15	0,25
Aveia		1,15	0,25
Trigo Primavera		1,15	0,25 - 0,40
Trigo Inverno			
- com solos congelados	0,4	1,15	0,25 - 0,40
- com solos não-congelados	0,7	1,15	0,25 - 0,40
Milho (grão)		1,20	0,60 - 0,35
Milho (milho doce)		1,15	1,05
Milheto		1,00	0,30
Sorgo			
- Grão		1,0 - 1,10	0,55
- Doce		1,20	1,05
Arroz	1,05	1,20	0,90 - 0,60
j. Forrageiras			
Alfafa			
- períodos médios de corte	0,40	0,95	0,90
- períodos individuais de corte	0,40	1,20	1,15
- para semente	0,40	0,50	0,50
Capim (Bermuda)			
- períodos médios de corte	0,55	1,00	0,85
- Colheita de primavera para semente	0,35	0,90	0,65
Capim (Clover, Berseem)			
- períodos médios de corte	0,40	0,90	0,85
- períodos individuais de corte	0,40	1,15	1,10
Capim (Rye Grass) (período médio de corte)	0,95	1,05	1,00

Cultura	KC _{ini}	KC _{méd}	KC _{fin}
Capim (Sudan Grass, Panicum) – anual			
- períodos médios de corte	0,50	0,90	0,85
- períodos de corte individual	0,50	1,15	1,10
Pasto			
- Rotativo	0,40	0,85 - 1,05	0,85
- Extensivo	0,30	0,75	0,75
Capim (Turfe)			
- Temporada fria	0,90	0,95	0,95
- Temporada quente	0,80	0,85	0,85
k. Cana de Açúcar	0,40	1,25	0,75
I. Frutas e árvores Tropicais			
Banana			
- 1º ano	0,50	1,10	1,00
- 2º ano	1,00	1,20	1,10
Cacau	1,00	1,05	1,05
Café			
- pouca cobertura de chão	0,90	0,95	0,95
- com ervas	1,05	1,10	1,10
Palmeiras	0,95	1,00	1,00
Abacaxi			
- Solo limpo	0,50	0,30	0,30
- com cobertura de grama	0,50	0,50	0,50
Seringueira	0,95	1,00	1,00
Chá			
- Sem cobertura de sombreamento	0,95	1,00	1,00
- Com cobertura de sombreamento	1,10	1,15	1,15
m. Uvas e Frutas silvestres			
Frutas silvestres (arbustos)	0,30	1,05	0,50
Uvas			
- Mesa ou Passas	0,30	0,85	0,45
- Vinho	0,30	0,70	0,45
n. Árvores Frutíferas			
Amêndoas, sem cobertura de chão	0,40	0,90	0,65
Maçãs, Cerejas e Pêras			
- sem cobertura de chão, geadas	0,45	0,95	0,70
- sem cobertura de chão, sem geadas	0,60	0,95	0,75
- Cobertura de chão ativa, geadas	0,50	1,20	0,95
- Cobertura de chão ativa, sem geadas	0,80	1,20	0,85
Damascos, Pêssegos, Stone Fruit			
- sem cobertura de chão, geadas	0,45	0,90	0,65
- sem cobertura de chão, sem geadas	0,55	0,90	0,65
- Cobertura de chão ativa, geadas	0,50	1,15	0,90
- Cobertura de chão ativa, sem geadas	0,80	1,15	0,85
Abacate, sem cobertura de chão	0,60	0,85	0,75
Citrus, sem cobertura de chão			
- 70% de dossel	0,70	0,65	0,70
- 50% de dossel	0,65	0,60	0,65
- 20% de dossel	0,50	0,45	0,55
Citrus, Cobertura de chão ativa ou ervas			
- 70% de dossel	0,75	0,70	0,75
- 50% de dossel	0,80	0,80	0,80

Cultura	KC _{ini}	KC _{méd}	KC _{fin}
- 20% de dossel	0,85	0,85	0,85
Árvores coníferas	1,00	1,00	1,00
Kiwi	0,40	1,05	1,05
Azeitonas (40 a 60% de dossel)	0,65	0,70	0,70
Pistaches, sem cobertura de chão	0,40	1,10	0,45
Noz	0,50	1,10	0,65

Fontes: Kcini: DOORENBOS AND KASSAM (1979). Kcméd and Kcfin: DOORENBOS AND PRUITT (1977); PRUITT (1986); WRIGHT (1981, 1982); e SNYDER et al., (1989), citados por ALLEN et al. (1998) (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

Os valores de Kc do Quadro 5 são médios e referem-se a culturas sob condições ótimas de manejo (de irrigação e práticas agrônômicas), atingindo taxas de crescimento potencial. Em condições reais de cultivo esse conjunto de condições dificilmente se verifica. Contudo, não existem resultados de pesquisas que permitam associar o comportamento do Kc de todas as culturas consideradas à condições de manejo deficiente, sobretudo à sub-irrigação, muito comum em algumas regiões consideradas neste trabalho (vide ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2002). Vale destacar que a utilização do coeficiente de umidade Ks, indiretamente, diminui o impacto do problema, contribuindo para viabilizar a utilização dos valores do Quadro 5.

Ao definir o calendário das culturas, no subitem 2.3.1, pôde-se associar a cada uma delas o método de irrigação mais freqüente e os respectivos valores de Kc e Ks. O passo seguinte foi, então, definir uma “cultura média” para cada município, que representasse, em cada mês, todo o conjunto de culturas presente.

Definiu-se cultura média como sendo uma cultura fictícia representada pela média ponderada dos parâmetros Kc, Ks (equações 8 e 9, respectivamente) e Eficiência de Aplicação³ (Ea) que, ocupando a área irrigada mensal total de um município (Ai_t, definida anteriormente), leva a uma vazão de irrigação mensal igual ao somatório das vazões mensais demandadas individualmente por cada uma das *n* culturas presentes nesse município.

$$Kc_m = \frac{(Ai_1 \cdot Kc_1 + Ai_2 \cdot Kc_2 + \dots + Ai_n \cdot Kc_n)}{Ai_t} \quad (8)$$

Em que: Kc_m = Kc da cultura média, adimensional;

Kc₁ = Kc da cultura 1, adimensional;

Kc₂ = Kc da cultura 2, adimensional;

Kc_n = Kc da cultura n, adimensional.

O cálculo dos Kc₁, Kc₂, até Kc_n exige que se avalie previamente se, em função do calendário de colheitas e do ciclo da cultura, há mudança nos valores de Kc ao longo do mês. Caso ocorra tal mudança, deve-se obter, com base na equação 8.1, o Kc_i mensal (com i variando de 1 a n culturas).

³ A utilização da Eficiência de Aplicação será detalhada no item 2.3.4.

$$Kc_i = \frac{(n^\circ \text{ dias} \cdot Kc_{ini} + n^\circ \text{ dias} \cdot Kc_{desenv} + n^\circ \text{ dias} \cdot Kc_{méd} + n^\circ \text{ dias} \cdot Kc_{final})}{n^\circ \text{ dias do mês}} \quad (8.1)$$

Em que: Kc_{ini} = Kc da fase inicial da cultura;

Kc_{desenv} = Kc da fase de desenvolvimento da cultura;

$Kc_{méd}$ = Kc da fase de estabelecimento pleno da cultura; e

Kc_{final} = Kc da fase final do ciclo da cultura.

Pode-se observar no Quadro 5 que os valores de Kc fornecidos são apenas três. No entanto, na equação 8.1 aparecem quatro parcelas, cada uma delas correspondendo a um valor de Kc. Isso se deve à existência de uma fase intermediária às fases inicial e média (Kc_{ini} e $Kc_{méd}$, respectivamente), a de desenvolvimento da cultura, cujo Kc (Kc_{desenv}) cresce linearmente de uma a outra (Figura 7). Neste trabalho o Kc_{desenv} adotado corresponde à média entre Kc_{ini} e $Kc_{méd}$, e o Kc_{final} , à média entre $Kc_{méd}$ e o Kc_{fin} do Quadro 5.

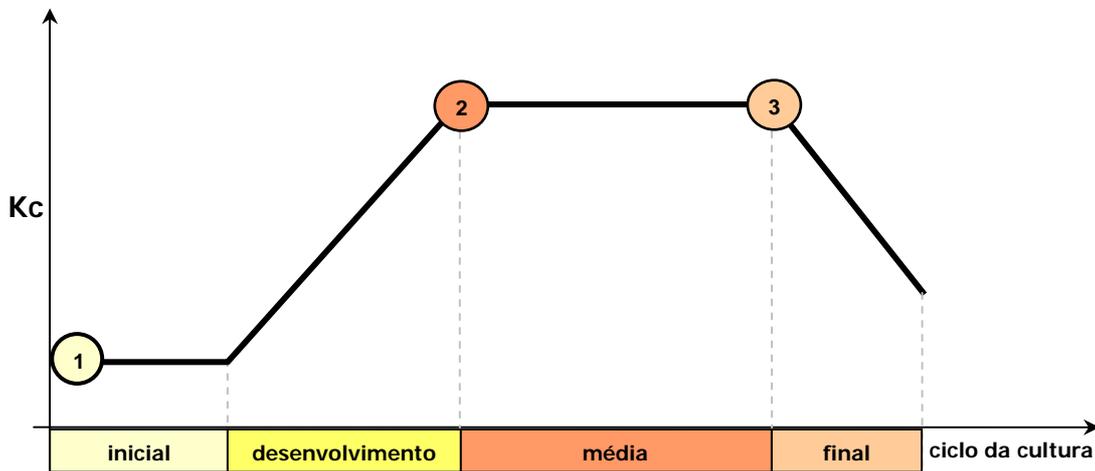


Figura 7. Curva típica dos coeficientes de cultura em função dos estágios de desenvolvimento da planta.

Na Figura 7, os números 1, 2 e 3 correspondem, respectivamente, aos valores de Kc_{ini} , $Kc_{méd}$ e Kc_{fin} do Quadro 5.

$$Ks_m = \frac{(Ai_1 \cdot Ks_1 + Ai_2 \cdot Ks_2 + \dots + Ai_n \cdot Ks_n)}{Ai_t} \quad (9)$$

Em que: Ks_m = Ks da cultura média, adimensional;

Ks_1 = Ks da cultura 1, adimensional;

Ks_2 = Ks da cultura 2, adimensional; e

Ks_n = Ks da cultura n, adimensional.

Com isso, substituindo os valores médios de Kc e Ks nas equações 6 e 7, respectivamente, obtém-se a evapotranspiração real para cada município.

2.3.3. Estimativa da precipitação efetiva

Existem várias definições para precipitação efetiva (Pef), dependendo do objetivo que se tem em mente. Para irrigação pode-se definir precipitação efetiva como sendo a parte da precipitação que é utilizada pela cultura para atender à sua demanda evapotranspirométrica (BERNARDO, 1989).

A precipitação efetiva foi obtida por uma ferramenta computacional desenvolvida com base na metodologia estabelecida pelo USDA, descrita por DOORENBOS & PRUIT (1992) no Boletim FAO nº 24 (Quadro 6), a qual incorpora alterações no comportamento da infiltração, em função da quantidade de água disponível no solo no momento da irrigação. Valores de precipitação efetiva foram então obtidos tendo-se como parâmetros de entrada a precipitação mensal observada e a evapotranspiração potencial da cultura.

A equipe do Consórcio adotou um valor de armazenamento (ΔS) médio de 75 mm. Cabe destacar que a adoção de um valor médio para ΔS é uma simplificação que não representa erro significativo. Como pode ser observado no Quadro 7, variações da ordem de 30% para mais ou para menos no valor de ΔS , o que abrange a maioria dos solos sob irrigação, implicam em correções na precipitação efetiva que não ultrapassam os 7%. Tal magnitude de correção é, em muitos casos, inferior ao erro embutido na totalização mensal dos valores lidos de precipitação.

Neste trabalho, ao invés das médias de precipitação das Normais Climatológicas, foram utilizados os valores totais observados de todas as estações disponíveis na base de dados da ANA, em março de 2005, para a área do estudo, tendo como ponto de corte dezembro de 2003. A utilização desses dados, mesmo com um número de estações variável entre os anos, permitiu que o balanço hídrico mensal se aproximasse mais da condição verificada na prática.

Assim como feito para a evapotranspiração de referência, os valores de precipitação total foram espacializados pelo inverso do quadrado da distância entre as estações e as sedes municipais, para toda a área do estudo. Com isso foi possível a obtenção da precipitação efetiva para cada município das bacias de interesse, no período 1931 a 2003.

Quadro 6. Valores de precipitação efetiva em função da evapotranspiração potencial mensal da cultura e da precipitação mensal.

Precipitação mensal (mm)	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100	112,5	125	137,5	150	162,5	175	187,5	200	
Precipitação efetiva mensal (mm)																	
ETpc mensal (mm)	25	8	16	24													
	50	8	17	25	32	39	46										
	75	9	18	27	34	41	48	56	62	69							
	100	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
	125	10	20	30	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120	
	150	10	21	31	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	127	133
	175	11	23	32	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141
	200	11	24	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150
	225	12	25	35	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150	159
250	13	25	38	50	61	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167	

Fonte: USDA, Soil Cons. Serv., 1969, citado por DOORENBOS & PRUITT (1997). (FAO Irrigação e Drenagem, 24).

Quadro 7. Fator de correção da precipitação efetiva em função da variação da umidade inicial do solo.

ΔS (mm)	Fator	ΔS (mm)	Fator	ΔS (mm)	Fator
10,00	0,620	31,25	0,818	70,00	0,990
12,50	0,650	32,50	0,826	75,00	1,000
15,00	0,676	35,00	0,842	80,00	1,004
17,50	0,703	37,50	0,860	85,00	1,008
18,75	0,720	40,00	0,876	90,00	1,012
20,00	0,728	45,00	0,905	95,00	1,016
22,50	0,749	50,00	0,930	100,00	1,020
25,00	0,770	55,00	0,947	125,00	1,040
27,50	0,790	60,00	0,963	150,00	1,060
30,00	0,808	65,00	0,977	175,00	1,070

Fonte: USDA, Soil Cons. Serv., 1969, citado por DOORENBOS & PRUITT (1997). (FAO Irrigação e Drenagem, 24).

2.3.4. Cálculo das séries de vazões para irrigação

A estimativa da vazão de retirada para a irrigação teve como base, para os municípios pertencentes a cada bacia, o balanço hídrico mensal dado pela equação:

$$Q_i = A_{i,t,m} \left[\frac{(ETo_m \cdot Kc_{m,m} \cdot Ks_{m,m}) - Pef_m}{Ea_{m,m}} \right] \cdot 10 \quad (10)$$

Em que: Q_i = Vazão de retirada para irrigação (i) no município, em $m^3 \cdot mês^{-1}$;

$A_{i,t,m}$ = área irrigada total no município no mês (m), em ha;

ETo_m = evapotranspiração de referência no município para o mês (m), em $mm \cdot mês^{-1}$;

$Kc_{m,m}$ = coeficiente da cultura para a cultura média no município (m) para o mês (m), adimensional;

$Ks_{m,m}$ = coeficiente de umidade da cultura média no município para o mês (m), adimensional;

Pef_m = precipitação efetiva no município para o mês (m), $mm \cdot mês^{-1}$; e

$Ea_{m,m}$ = eficiência de aplicação da cultura média no município para o mês (m), adimensional.

Dos parâmetros da Equação 10, A_i , ETo , Kc , Ks e Pef já tiveram a sua obtenção descrita nos subitens anteriores (Equações 4, 5, 8, 9 e subitem 2.3.3, respectivamente) restando apresentar o parâmetro eficiência de aplicação (Ea).

Os métodos de irrigação podem apresentar diferentes níveis de eficiência a depender da uniformidade de distribuição das lâminas de irrigação, da condição de localização de aplicação dessas lâminas, das características dos emissores e da interferência das condições climáticas (perdas nos sistemas e por evaporação), entre outros fatores.

O uso da correção da lâmina aplicada em função da eficiência, tem implicação direta na estimativa das vazões de retorno.

A eficiência de aplicação adotada neste trabalho foi obtida dos resultados de ANA/GEF/PNUMA/OEA (2002). A saber:

- Irrigação por aspersão: $Ea = 0,71$; e
- Irrigação localizada: $Ea = 0,79$.

Considerou-se os métodos de irrigação por aspersão convencional e localizada como representativos de toda a área, exceto nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina e na bacia do Paraíba do Sul onde o Arroz é cultivado sob irrigação por superfície.

A exemplo dos parâmetros Kc e Ks , foi necessário estabelecer a eficiência de aplicação da cultura média ($Ea_{m,m}$), o que foi feito pela equação 11.

$$Ea_{m,m} = \frac{(Ai_1.Ea_1 + Ai_2.Ea_2 + \dots + Ai_n.Ea_n)}{Ai_t} \quad (11)$$

Em que: $Ea_1 = Ea$ da cultura 1, adimensional;
 $Ea_2 = Ea$ da cultura 2, adimensional; e
 $Ea_n = Ea$ da cultura n, adimensional.

Uma vez estabelecida a cultura média de cada município, em cada um dos anos correspondentes aos Censos Agropecuários, é feita uma interpolação linear de cada um dos quatro parâmetros que a definem (Ai_t , Kc_m , Ks_m , e Ea_m), mês a mês, entre os censos. Em outras palavras, os quatro parâmetros de janeiro de um ano de censo são interpolados, ano a ano, aos valores de janeiro do censo seguinte. O mesmo é feito para os demais meses do ano e para todos os intervalos entre os censos utilizados. Assim, tem-se disponível, em cada mês dos anos inter-censos, os parâmetros necessários para o cálculo das vazões conforme a equação 12.

As vazões de retorno foram obtidas através da seguinte equação:

$$Q_{i,r} = Q_i (P_p + P_{esc}) \quad (12)$$

Em que: $Q_{i,r}$ = vazão de retorno (r) da irrigação (i) no município (m), $m^3.mês^{-1}$;
 P_p = perdas de água por percolação, adimensional; e
 P_{esc} = perdas por escoamento, adimensional;

Para o método de irrigação localizada foi considerada que as perdas por escoamento, são nulas.

De posse dos valores de eficiência de aplicação e perda por evaporação para cada um dos sistemas de irrigação, estimou-se as perdas por percolação e por escoamento pela equação:

$$P_p + P_{esc} = 1 - P_{ev} - Ea \quad (13)$$

Em que: P_{ev} = perdas por evaporação e arraste, adimensional; e
 Ea = eficiência de aplicação, adimensional.

Utilizou-se para os sistemas de irrigação por aspersão uma perda por evaporação de 10,9% (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2002). Para os sistemas de irrigação localizada as perdas por evaporação foram consideradas iguais a zero.

A vazão consumida foi, então, obtida por:

$$Q_{i,c} = Q_i - Q_{i,r} \quad (14)$$

Em que: $Q_{i,c}$ = vazão consumida (c) pela irrigação (i) no município, $m^3.mês^{-1}$.

Todas as vazões, obtidas em $\text{m}^3 \cdot \text{mês}^{-1}$, foram transformadas para $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ em função do número de dias do mês.

Após se ter estimado as vazões para os municípios, inicia-se o processo de agregação desses valores para cada bacia considerada. Utilizou-se para isso o critério de proporcionalidade da área dos municípios localizada na área de drenagem considerada, com base na malha municipal reconstituída de cada censo.

2.3.5. Cálculo das séries de vazões para o arroz irrigado por inundação

Para o cálculo da vazão de irrigação em bacias onde predomina o cultivo do arroz irrigado por inundação foi estabelecida uma rotina que complementa a anteriormente descrita e considera as condições particulares desse método de irrigação por superfície.

Essa rotina foi implementada no Sistema para Estimativa de Usos Consuntivos da Água – SEUCA e utilizada para o arroz irrigado nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina e na Bacia do Paraíba do Sul (parte dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro). Nessas áreas, considerou-se que todo o arroz irrigado encontra-se sob irrigação por inundação e que, especificamente nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a vazão de irrigação teve seu cálculo iniciado em 1920, devido às informações obtidas nos órgãos estaduais mencionarem essa atividade remontando ao início do século.

A vazão de irrigação nos municípios de tais áreas passa, então, a ser calculada pela soma da vazão de irrigação por superfície com a dos outros dois métodos (irrigação por aspersão e irrigação localizada), calculada conforme descrito anteriormente.

A metodologia utilizada para o cálculo das séries de vazões para o arroz, adaptada de procedimento apresentado por Amaral et al. (2005), abrangeu dois sistemas de cultivo praticados na Região Sul: o sistema convencional e o pré-germinado. No seu desenvolvimento, considerou-se a ocorrência de cinco diferentes vazões durante o período de irrigação:

- **Vazão de retirada:** vazão captada nos mananciais para abastecer as lavouras de arroz na área considerada;
- **Vazão unitária de enchimento:** vazão necessária, por unidade de área, para suprir a demanda hídrica da lavoura de arroz no período de enchimento dos quadros, incluindo as quantidades de água para saturação do solo, formação da lâmina d'água superficial, evaporação ou evapotranspiração da cultura e suprimento das perdas por infiltração lateral e percolação profunda;
- **Vazão unitária de manutenção:** vazão necessária, por unidade de área, para a manutenção da lâmina d'água superficial nos quadros, incluindo as quantidades de água para evapotranspiração da cultura e suprimento das perdas por infiltração lateral e percolação profunda;
- **Vazão Efetivamente Consumida:** vazão efetivamente consumida pela lavoura de arroz, correspondente ao volume evaporado ou evapotranspirado durante o período de irrigação;

- **Vazão de retorno:** parcela da vazão que chega à lavoura e não é consumida por evaporação ou evapotranspiração nem armazenada nos quadros, retornando aos mananciais da bacia considerada; e
- **Vazão de consumo:** diferenças entre as vazões de retirada e de retorno, nas bacias de contribuição de cada aproveitamento hidrelétrico, para atividades de uso consuntivo da água (parcela consumida da vazão de retirada).

O manejo da água na lavoura de arroz irrigado por inundação apresenta algumas peculiaridades em relação a outras culturas irrigadas. Além da ocorrência de períodos com características distintas durante o ciclo da cultura, as práticas de manejo da água podem diferir em função do sistema de cultivo adotado pelo produtor. Assim, definiu-se diferentes períodos de irrigação para os sistemas convencional e pré-germinado, de acordo com as práticas de manejo mais comuns e com a duração média do ciclo das cultivares.

2.3.5.1 Sistema convencional

Nos sistemas de cultivo convencional, a semeadura é realizada em solo não inundado, e a inundação é iniciada alguns dias após a emergência das plantas. Durante os primeiros dias, a vazão necessária para o suprimento de água à lavoura é maior, devido à saturação do solo e à formação da lâmina d'água superficial.

Nesse estudo, o período compreendido entre o início da irrigação e a completa formação da lâmina superficial foi denominado período de enchimento dos quadros. O período seguinte, que se estende até poucos dias após a floração, no qual se procura manter a mesma altura da lâmina, foi denominado de período de demanda normal. O terceiro e último período, denominado período de esvaziamento dos quadros, compreendeu os dias entre a supressão da irrigação e o final da drenagem da lâmina d'água superficial.

2.3.5.1.1 Período de enchimento dos quadros

O início da inundação da lavoura depende das condições de umidade do solo e do controle das plantas daninhas, devendo ser iniciada entre 20 e 30 dias após a emergência (EMBRAPA, 2003; SOSBAI, 2003; WEBER et al, 2003). Dessa forma, objetivando-se utilizar um valor médio representativo, foi definido que o início da irrigação para o sistema convencional ocorreria 25 dias após a emergência das plantas.

A duração do período de enchimento dos quadros é bastante variável, dependendo de diversos fatores, tais como: capacidade do sistema de bombeamento, topografia e tipo de solo. Nesse estudo, considerou-se uma duração de 5 dias para o referido período, ou seja, do início do 25º dia até o final do 29º dia após a emergência.

A vazão de retirada no período de enchimento dos quadros foi calculada a partir da Equação 15:

$$Q_{retir} = \left[Q_{unit(ench)} - \left(\frac{P \cdot 10}{86.400} \right) \right] \cdot A \quad (15)$$

Em que: Q_{retir} = Vazão de retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$);
 $Q_{unit(ench)}$ = Vazão unitária de enchimento ($m^3 \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$);
 P = Precipitação média diária ($mm \cdot d^{-1}$);
 A = Área irrigada (ha).

A vazão unitária de enchimento foi calculada com base na Equação 16, desenvolvida a partir da consideração de que, no momento de início da inundação, o volume de água necessário para a saturação do perfil corresponderia ao volume dos macroporos do solo desde a superfície até a profundidade da camada impermeável.

$$Q_{unit(ench)} = \frac{10.000 \left[(u \cdot P_{imp}) + H_{lam} \right]}{86.400 \cdot T_{ench}} + \frac{(ET_0 \cdot K_C) \cdot 10}{86.400} \quad (16)$$

Em que: u = Macroporosidade média do solo ($m^3 \cdot m^{-3}$);
 P_{imp} = Profundidade média da camada impermeável (m);
 H_{lam} = Altura da lâmina d'água superficial (m);
 T_{ench} = Duração do período de enchimento dos quadros (d);
 ET_0 = Evapotranspiração de referência ($mm \cdot d^{-1}$);
 K_C = Coeficiente de cultura (adimensional).

O valor adotado para a macroporosidade média do solo foi de $0,051 m^3 \cdot m^{-3}$, obtido a partir de diversos solos de várzea cultivados com arroz no Sul do Brasil (MACHADO et al, 1996; VASCONCELLOS, 1995; COSTA, 1993; KONIG, 1983).

O valor adotado para a profundidade média da camada impermeável dos solos cultivados sob sistema convencional foi de 1,05 m, correspondente à média ponderada das profundidades da camada impermeável dos principais tipos de solo cultivados com arroz no Rio Grande do Sul. Os principais tipos de solo foram obtidos de PINTO et al. (2004) e STRECK et al. (2002). A profundidade média da camada impermeável desses solos foi obtida de BRASIL (1973), estabelecendo-se que a profundidade da camada impermeável corresponderia à soma das profundidades dos horizontes A e B. A área de abrangência de cada tipo de solo foi obtida de BRASIL (1978a).

Para a altura da lâmina d'água adotou-se o valor de 0,10 m, definido com base nos valores usualmente utilizados em lavouras comerciais e ensaios experimentais, tais como os experimentos conduzidos por WEBER et al (2003) e MARCHEZAN et al (2001).

A vazão efetivamente consumida durante o período de enchimento dos quadros foi obtida por meio da Equação 17:

$$Q_{Cefet} = \left[\frac{(ET_0 \cdot K_C) 10}{86.400} \right] \cdot A \quad (17)$$

Em que Q_{Cefet} = Vazão efetivamente consumida ($m^3 \cdot s^{-1}$).

A vazão de retorno foi considerada nula durante o período de enchimento dos quadros.

2.3.5.1.2 Período de demanda normal

A supressão do fornecimento de água via irrigação foi estabelecida de forma a ocorrer 10 dias após a floração. Assim sendo, como a floração foi arbitrada para ocorrer aos 88 dias após a emergência das plantas, definiu-se que o período de demanda normal se estenderia do 30º ao 97º dia após a emergência.

A vazão de retirada no período de demanda normal foi considerada nula quando $\left(\frac{P_U \cdot 10}{86.400}\right) \geq Q_{unit(manut)}$. Por outro lado, quando $\left(\frac{P_U \cdot 10}{86.400}\right) < Q_{unit(manut)}$, a vazão de retirada foi calculada com a seguinte equação:

$$Q_{retir} = \left[Q_{unit(manut)} - \left(\frac{P_U \cdot 10}{86.400} \right) \right] \cdot A \quad (18)$$

Em que: P_U = Precipitação útil diária ($mm.d^{-1}$);

$Q_{unit(manut)}$ = Vazão unitária de manutenção ($m^3.s^{-1}.ha^{-1}$).

Com base nos dados apresentados por MIRANDA et al (2003) e SOSBAI (2003), utilizou-se como vazão unitária de manutenção o valor de $0,00154 m^3.s^{-1}.ha^{-1}$.

A variável precipitação útil diária foi criada para amenizar o efeito da utilização de precipitações médias diárias calculadas a partir da precipitação média mensal, já que sua utilização implica a obtenção de um valor constante de precipitação durante todos os dias do mês. A consideração de uma precipitação constante faria com que uma vazão também constante fosse subtraída da vazão de retirada em todos os dias do mês. Ou seja, toda a precipitação ocorrida no mês estaria sendo considerada como efetivamente aproveitada pelo irrigante, o que não ocorre na prática.

Em condições normais, a retirada de água é reduzida caso ocorra precipitação em um determinado dia, podendo até mesmo ser suprimida se o volume precipitado for suficiente para prover todo o volume de água necessário à lavoura. Quando a precipitação excede esse volume, o excesso de água não é aproveitado pelo irrigante. Assim, do total precipitado no mês, apenas uma parcela é aproveitada para suprir as necessidades da lavoura. A precipitação útil corresponde a essa parcela, e foi calculada com a Equação 19:

$$P_U = F_p P \quad (19)$$

Em que F_p = Fator de ajuste da precipitação (adimensional).

O fator de ajuste da precipitação corresponde ao percentual da precipitação média mensal que é considerado como precipitação útil, ou seja, precipitação efetivamente aproveitada pelo irrigante. Nos dias em que o volume precipitado foi menor que o volume correspondente à vazão unitária de manutenção, toda a precipitação foi considerada como precipitação útil. Nos dias em que houve excesso de precipitação, somente o volume correspondente à vazão unitária de manutenção foi considerado como precipitação útil.

Devido às pequenas variações ocorridas no fator de ajuste da precipitação em função do mês e do município considerado, e visando a simplificar o seu emprego na metodologia, adotou-se o mesmo valor em todos os meses do ano e em todos os municípios. O valor utilizado, correspondente à média de todos os valores obtidos, foi de 0,61 para as áreas irrigadas sob sistema convencional.

A vazão efetivamente consumida no período de demanda normal foi calculada com a Equação 17. Quando $Q_{retir} > Q_{Cefet}$, calculou-se a vazão de retorno com a Equação 20:

$$Q_{retorno} = Q_{retir} - Q_{Cefet} \quad (20)$$

Em que $Q_{retorno}$ = Vazão de retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$).

Nos casos em que $Q_{retir} \leq Q_{Cefet}$, a vazão de retorno foi considerada nula.

2.3.5.1.3 Período de Esvaziamento dos Quadros

A duração do período de esvaziamento dos quadros incluiu o tempo decorrido desde a supressão do fornecimento de água à lavoura até a completa drenagem da lâmina d'água superficial. Assim, considerou-se que a duração do período de esvaziamento dos quadros seria de 12 dias, iniciando-se aos 98 dias, e estendendo-se até os 109 dias após a emergência das plantas.

Nesse período, a vazão de retirada foi considerada nula e a efetivamente consumida foi calculada pela Equação 17. A vazão de retorno foi computada da seguinte forma:

$$Q_{retorno} = \left[\left(\frac{10.000 \cdot H_{lam}}{86.400 \cdot T_{esvaz}} \right) \cdot A \right] - Q_{cons} \quad (21)$$

Em que T_{esvaz} = Duração do período de esvaziamento dos quadros.

A vazão consumida para todos os períodos do Sistema Convencional foi, então, obtida por:

$$Q_{cons} = Q_{retir} - Q_{retorno} \quad (22)$$

Em que: Q_{cons} = vazão consumida pela irrigação no município, $m^3 \cdot s^{-1}$.

2.3.5.2 Sistema pré-germinado

No sistema de cultivo pré-germinado, a irrigação se inicia antes da semeadura, durante os procedimentos finais de preparo do solo. Após esta etapa, a altura da lâmina d'água é elevada até um determinado nível e mantida assim até a semeadura, que ocorre em solo inundado. Devido a essas peculiaridades, foram definidos dois períodos distintos desde o início da irrigação até a semeadura: o período de enchimento dos quadros e o período pré-semeadura, nos quais o consumo foi considerado igual à demanda evaporimétrica, já que a cultura ainda não está estabelecida.

Considerou-se como de demanda normal todo o período compreendido entre a semeadura e a supressão da irrigação. O quarto e último período, denominado período de esvaziamento dos quadros, compreende os dias entre a supressão da irrigação e o final da drenagem da lâmina d'água superficial.

2.3.5.2.1 Período de enchimento dos quadros

Com base nas referências consultadas (MARCHEZAN et al, 2004; EMBRAPA, 2003; SOSBAI, 2003; WEBER et al, 2003; GOMES e PAULETTO, 1999), considerou-se que o início do período de enchimento dos quadros ocorreria 25 dias antes da semeadura e que a sua duração seria idêntica à do sistema convencional, ou seja, de 5 dias. A descontinuidade no enchimento dos quadros, devido ao preparo do solo, não foi considerada. Como no sistema pré-germinado as sementes são germinadas antes de chegarem à lavoura, considerou-se que a data de emergência das plantas coincidiria com a data da semeadura.

A vazão de retirada no período de enchimento dos quadros foi calculada com a Equação 15, e a vazão unitária de enchimento foi obtida mediante a Equação 23.

$$Q_{unit(ench)} = \frac{10.000 \left[(u \cdot P_{imp}) + H_{lam} \right]}{86.400 \cdot T_{ench}} + \left(\frac{ET_0}{K_T} \right) \cdot 10 \quad (23)$$

Em que K_T = Coeficiente do tanque classe A (adimensional).

A Equação 23 foi desenvolvida a partir da consideração de que a evaporação na lavoura seria igual àquela ocorrida em um tanque classe A, já que a profundidade da água nos quadros é relativamente pequena e os solos de várzea apresentam coloração tipicamente escurecida, resultando em um pequeno albedo. O Coeficiente do Tanque Classe A utilizado, de 0,80, foi obtido a partir das recomendações de ALLEN et al (1998) para uma condição de umidade relativa alta, velocidade do vento moderada e bordadura de 1.000 m.

O valor de macroporosidade média do solo adotado foi de $0,051 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, o mesmo utilizado no sistema convencional, já que esse valor é representativo de diversos solos de várzea cultivados com arroz na região Sul do Brasil.

Para a profundidade média da camada impermeável dos solos cultivados sob sistema pré-germinado foi adotado o valor de 0,77 m, obtido pelo mesmo procedimento utilizado no sistema convencional – média ponderada das profundidades da camada impermeável dos principais tipos de solo cultivados com arroz –, porém com informações relativas aos solos do Estado de Santa Catarina (PINTO et al, 2004; BRASIL, 1978b; SANTA CATARINA, 1973).

Considerou-se que a altura da lâmina d'água na lavoura no final do enchimento seria a mesma utilizada durante o período de demanda normal, de 0,10 m (MARCHEZAN et al, 2004; EMBRAPA, 2003).

No período de enchimento dos quadros, a vazão de retorno foi considerada nula e a efetivamente consumida, calculada pela Equação 24 – também desenvolvida a partir da consideração de que a evaporação na lavoura seria igual à de um Tanque Classe A:

$$Q_{Cefet} = \frac{\left(\frac{ET_0}{K_T}\right) \cdot 10}{86.400} A \quad (24)$$

2.3.5.2.2 Período pré-semeadura

O início do período pré-semeadura foi definido aos 20 dias antes da emergência das plantas e a duração adotada para esse período foi de 20 dias, ou seja, até o momento da semeadura.

A vazão de retirada no período pré-semeadura foi considerada nula quando $\left(\frac{P_U \cdot 10}{86.400}\right) \geq Q_{unit(manut)}$. Por outro lado, quando $\left(\frac{P_U \cdot 10}{86.400}\right) < Q_{unit(manut)}$, a mesma foi obtida com a Equação 18.

A vazão unitária de manutenção utilizada foi de $0,001 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$, valor suficiente para a manutenção da lâmina d'água no sistema pré-germinado, tendo em vista a baixa percolação da água no solo devido à formação da lama (SOSBAI, 2003).

A precipitação útil foi calculada com a Equação 19, utilizando-se um fator de ajuste igual a 0,43. Este valor foi determinado pelo mesmo procedimento usado para o sistema convencional, porém com a utilização da vazão unitária de manutenção recomendada para o sistema pré-germinado.

A vazão efetivamente consumida foi calculada a partir da Equação 24. A vazão de retorno foi obtida pela Equação 20, quando $Q_{retir} > Q_{Cefet}$, e considerada nula, nos casos em que $Q_{retir} \leq Q_{Cefet}$.

2.3.5.2.3 Período de demanda normal

O período de demanda normal tem início a partir da data de emergência das plantas, e término 10 dias após a floração plena, da mesma forma que para o sistema convencional. Como a ocorrência da floração foi definida aos 88 dias após a emergência, considerou-se que o período de demanda normal se estenderia até o 97º dia.

A vazão de retirada no período de demanda normal foi calculada com a Equação 18 quando $\left(\frac{P_U \cdot 10}{86.400}\right) < Q_{unit(manut)}$ e considerada nula quando $\left(\frac{P_U \cdot 10}{86.400}\right) \geq Q_{unit(manut)}$.

Segundo GOMES et al. (2004a) a evaporação é o processo predominante no início do cultivo do arroz, pois a transpiração das plantas e a cobertura do dossel ainda são reduzidas, e decresce à medida que a cultura se desenvolve. Assim sendo, a vazão

efetivamente consumida foi calculada pela Equação 24 até o 17º dia após a emergência e pela Equação 17 a partir do 18º.

A vazão de retorno foi calculada com a Equação 20 quando $Q_{retir} > Q_{Cefet}$. Nos casos em que $Q_{retir} \leq Q_{Cefet}$, a vazão de retorno foi considerada nula.

2.3.5.2.4 Período de esvaziamento dos quadros

Da mesma forma que para o sistema convencional, foi considerado um período de esvaziamento dos quadros (desde a supressão da irrigação até a drenagem completa) de 12 dias, iniciando-se aos 98 dias após a emergência das plantas, e estendendo-se até os 109 dias após a emergência. Nesse período, a vazão de retirada foi considerada nula e a efetivamente consumida computada pela Equação 17, enquanto a vazão de retorno foi calculada pela Equação 21.

A vazão consumida para todos os períodos do Sistema Pré-Germinado foi, então, obtida pela Equação 22.

2.3.5.3. Duração dos períodos de irrigação

A duração média do ciclo da cultura, desde a emergência até a maturação (colheita), foi definida em 122 dias, tanto para o sistema convencional quanto para o sistema pré-germinado. Esse valor foi obtido a partir da porcentagem de participação e da duração do ciclo das principais cultivares de arroz utilizadas no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina nas últimas safras (IRGA, 2005a; SOSBAI, 2003; TRONCHONI, 1995).

A duração dos diferentes períodos de irrigação, definida com base na duração média do ciclo da cultura e nas práticas de manejo da água adotadas nos dois sistemas de cultivo, é resumida no Quadro 8.

Quadro 8. Duração dos diferentes períodos de irrigação, em dias após a emergência, para os sistemas de cultivo convencional e pré-germinado.

Período	Sistema de cultivo	
	Convencional	Pré-germinado
Enchimento dos quadros	25 a 29	-25 a -21
Pré-semeadura*	-	-20 a -1
Demanda normal	30 a 97	1 a 97
Esvaziamento dos quadros	98 a 109	98 a 109

*apenas para o sistema pré-germinado.

Fontes: IRGA, 2005a; MARCHEZAN et al, 2004; PETRINI et al., 2004; GOMES et al, (2004a); EMBRAPA, 2003; SOSBAI, 2003; WEBER et al, 2003; GOMES e PAULETTO, 1999; TRONCHONI, 1995.

2.3.5.4. Coeficiente de Cultura

Como na metodologia convencional para cálculo da vazão de irrigação, na irrigação por superfície foi necessário utilizar o conceito de "cultura média". Neste caso ela representa todo o conjunto de cultivos de arroz irrigado em cada mês no município, onde as condições do método de irrigação por superfície são ponderadas para fornecer

a vazão média mensal de irrigação. A utilização desta metodologia é importante para possibilitar a obtenção das vazões nos períodos entre censos agrícolas.

Os seguintes parâmetros ponderados formam a cultura média:

- **Kc1**: representa o Kc médio da cultura para a fase de enchimento dos quadros, no sistema convencional, e as fases de enchimento dos quadros e período de pré-semeadura no sistema pré-germinado;

- **Kc2**: representa o Kc médio da cultura para a fase de demanda normal, no sistema convencional e no sistema pré-germinado;

- **Kc3**: representa o Kc médio da cultura para a fase de esvaziamento dos quadros, no sistema convencional e no sistema pré-germinado;

- **E1**: representa a vazão unitária média para a fase de enchimento dos quadros, no sistema convencional e no sistema pré-germinado;

- **E2**: representa a vazão unitária média para o período de demanda normal, no sistema convencional, e o período de pré-semeadura e de demanda normal no sistema pré-germinado;

- **E3**: representa a vazão unitária média para a fase de esvaziamento dos quadros, no sistema convencional e no pré-germinado;

- **Percentual da área**: identifica o percentual da área total irrigada no município que é irrigada por inundação com a cultura do arroz;

- **A1**: representa o percentual da área irrigada com arroz no município que passa pela fase de enchimento dos quadros, no sistema convencional e no pré-germinado;

- **A2**: representa o percentual da área irrigada com arroz no município que passa pela fase de demanda normal, no sistema convencional, e o período de pré-semeadura e de demanda normal no sistema pré-germinado; e

- **A3**: representa o percentual da área irrigada com arroz no município que passa pela fase de esvaziamento dos quadros, no sistema convencional e no pré-germinado.

Os parâmetros *Kc1*, *Kc2* e *Kc3* são obtidos conforme demonstrado na Equação 8, item 2.3.2. Todos os parâmetros (*Kc1*, *Kc2*, *Kc3*, *E1*, *E2* e *E3*) são ponderados pela área e pelo número de dias no mês em que ocorre cada fase. Os parâmetros *A1*, *A2* e *A3* são ponderados somente pela área.

Para possibilitar a realização do cálculo da vazão de irrigação entre os anos de censo, os coeficientes gerados nos anos de censo são interpolados linearmente.

2.3.5.5. Parâmetros utilizados nas estimativas

Os parâmetros utilizados nas estimativas das vazões para o cultivo do arroz irrigado são apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 *Parâmetros utilizados na estimativa das vazões do cultivo do arroz irrigado, para os sistemas de cultivo convencional e pré-germinado.*

Parâmetro	Sistema de cultivo	
	Convencional	Pré-germinado
Profundidade média da camada impermeável (m)	1,05	0,77
Macroporosidade média do solo (m ³ .m ⁻³)	0,051	0,051
Duração do período de enchimento dos quadros (dias)	5	5
Duração do período de esvaziamento dos quadros (dias)	12	12
Altura da lâmina d'água superficial (m)	0,10	0,10
Coefficiente do Tanque Classe A - K_T (adimensional)	-	0,80
Fator de ajuste da precipitação (adimensional)	0,61	0,43

Fontes: GOMES et al., 2004a; MARCHEZAN et al., 2004; PINTO et al., 2004; EMBRAPA, 2003; GPRH, 2003; SOSBAI, 2003; WEBER et al., 2003; STRECK et al., 2002; MARCHEZAN et al., 2001; ALLEN et al., 1998; MACHADO et al., 1996; VASCONCELLOS, 1995; COSTA, 1993; KONIG, 1983; BRASIL, 1978a; BRASIL, 1978b; BRASIL, 1973; SANTA CATARINA, 1973.

2.3.6. Integração das Vazões dos Sistemas de Irrigação

A estimativa das vazões de retirada, consumo e retorno relacionadas à irrigação dos cultivos nas bacias contempladas com Arroz irrigado foi realizada a partir do somatório das vazões de irrigação dos sistemas convencional e por inundação.

$$\sum Q_i = Q_{ic} + Q_{ii} \quad (25)$$

Em que Q_{ic} = vazão de irrigação convencional (m³.s⁻¹).

Q_{ii} = vazão de irrigação por inundação (m³.s⁻¹).

2.4. ESTIMATIVA DAS SÉRIES DE VAZÕES PARA ABASTECIMENTO URBANO

A metodologia descrita neste item é vista, de forma resumida, na Figura 8.

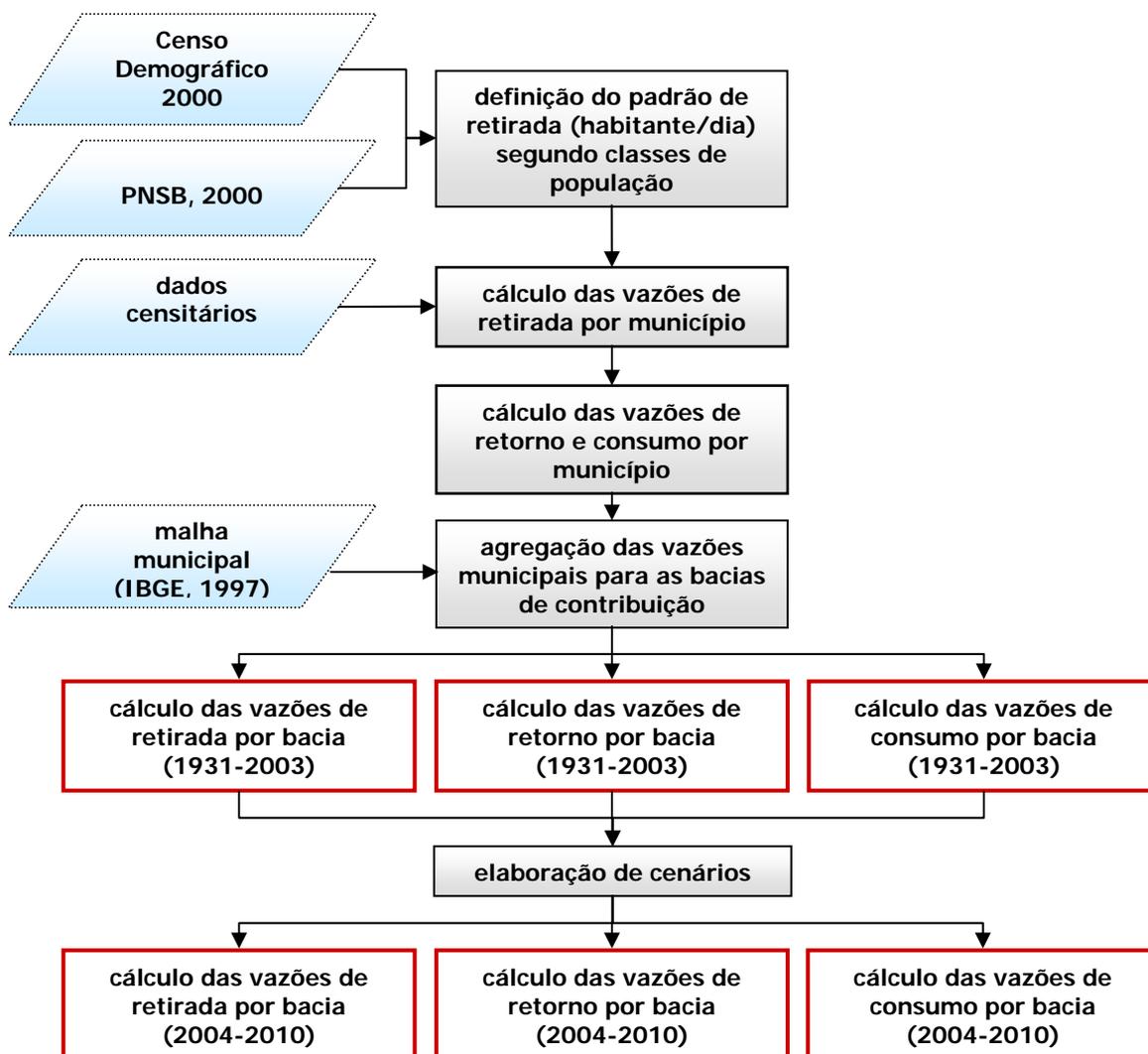


Figura 8. Fluxograma simplificado da metodologia utilizada na estimativa das séries de vazões para abastecimento urbano.

Para a estimativa da vazão de retirada para o abastecimento urbano foram processados os dados dos censos demográficos com a determinação, para cada município contido em cada uma das 90 áreas de interesse, das populações total e urbana do município e da população atendida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água.

Em seguida, procedeu-se a determinação do consumo *per capita* de cada Estado, para o ano de 2000, relacionando-se as informações contidas na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (IBGE, 2000) referentes ao volume distribuído em cada município, com as dos censos demográficos do IBGE, relativas ao número de domicílios

atendidos pelo Sistema Público de Abastecimento de Água e ao número de habitantes por domicílio.

No cálculo dos per capita não se considerou os municípios com coeficiente de retirada inferior a 70 L.hab⁻¹.d⁻¹ ou superior a 450 L.hab⁻¹.d⁻¹ (ver documento “Base de referência para o Plano Nacional de Recursos Hídricos”, ANA, 2003). Embora exista uma grande variação desses valores entre os municípios, entende-se que valores fora da faixa adotada são incomuns e, portanto, poderiam influenciar de forma negativa os valores médios adotados.

Foram considerados todos os municípios de cada Estado, e não somente aqueles abrangidos por pelo menos uma das bacias estudadas, como utilizado no projeto anterior.

Foi, assim, possível estimar o consumo *per capita* médio do Estado (CP) pela seguinte equação:

$$CP_{Est.} = \frac{VD_{Est.}}{Pop_{Est.}} \quad (26)$$

Em que: $CP_{Est.}$ = consumo per capita do Estado, L.hab⁻¹.d⁻¹;

$VD_{Est.}$ = volume distribuído no Estado, L.d⁻¹, obtido pela soma dos volumes distribuídos nos municípios com consumo superior a 70 L.hab⁻¹.d⁻¹ ou inferior a 450 L.hab⁻¹.d⁻¹, da PNSB;

$Pop_{Est.}$ = população do Estado atendida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água, em habitantes, obtida do censo demográfico de 2000.

Em seguida foi obtida uma tabela de valores *per capita* para os municípios, agrupando-os, tal como no Plano Nacional de Recursos Hídricos, em quatro faixas populacionais. Essa tabela, obtida basicamente com os dados da PNSB e do Censo Demográfico 2000, ambos publicados pelo IBGE em 2000, foi utilizada para todo o período do estudo, sendo que os municípios eram enquadrados em uma das quatro faixas em função da população que apresentavam em cada censo considerado.

Para obtenção do consumo *per capita* de cada faixa populacional, preservando o consumo médio do Estado, foi utilizado um coeficiente de proporcionalidade “X”, dado pela equação:

$$X = \frac{VD_{Est.}}{\left[Pop_{F \times 1} + \left(\frac{CP_{F \times 2}}{CP_{F \times 1}} \right)_{ANA} \cdot (Pop_{F \times 2}) + \left(\frac{CP_{F \times 3}}{CP_{F \times 1}} \right)_{ANA} \cdot (Pop_{F \times 3}) + \left(\frac{CP_{F \times 4}}{CP_{F \times 1}} \right)_{ANA} \cdot (Pop_{F \times 4}) \right]} \quad (27)$$

Em que: X = coeficiente de proporcionalidade; L⁻¹.hab⁻¹.d⁻¹;

$Pop_{F \times 1}$ = população do Estado pertencente à faixa 1, hab, obtida do censo demográfico 2000 (IBGE, 2000);

$Pop_{F \times 2}$ = população do Estado pertencente à faixa 2, hab (IBGE, 2000);

$Pop_{F \times 3}$ = população do Estado pertencente à faixa 3, hab (IBGE, 2000);

$Pop_{F \times 4}$ = população do Estado pertencente à faixa 4, hab (IBGE, 2000);

CP_{Fx1} = consumo per capita da faixa 1, $L.hab^{-1}.d^1$ (Quadro 10);
 CP_{Fx2} = consumo per capita da faixa 2, $L.hab^{-1}.d^1$ (Quadro 10);
 CP_{Fx3} = consumo per capita da faixa 3, $L.hab^{-1}.d^1$ (Quadro 10); e
 CP_{Fx4} = consumo per capita da faixa 4, $L.hab^{-1}.d^1$ (Quadro 10).

Quadro 10. Coeficientes de retirada urbana per capita conforme o Estado considerado e a faixa de população do município.

Classe	Estados	Faixa populacional habitantes	Consumo per capita ($L.hab^{-1}.d^1$)
1	AL, GO, PI, RR	<10.000	135
		10.000 a 100.000	160
		100.000 a 500.000	180
		>500.000	210
2	AC, CE, DF, ES, MA, MS, MT, PA, PB, PE, PR, RN, RO, SE, SC, TO	<10.000	200
		10.000 a 100.000	230
		100.000 a 500.000	265
		>500.000	310
3	AM, AP, BA, MG, RJ, RS, SP	<10.000	300
		10.000 a 100.000	350
		100.000 a 500.000	400
		>500.000	470

Fonte: ANA (2003). Memorial descritivo do cálculo da demanda humana de água contido no documento "Base de Referência do Plano Nacional de Recursos Hídricos" (Nota Técnica 010 / SPR / 2003).

De posse do coeficiente de proporcionalidade obteve-se o consumo *per capita* municipal para cada faixa populacional do Estado (Quadro 12), dado pela equação:

$$CP_{(F \times n)Estado} = \frac{X \left(\frac{CP_{Fxn}}{CP_{Fx1}} \right)_{ANA}}{CP_{Estado}} \quad (28)$$

Em que: n = faixa populacional, variando de 1 a 4 (Quadro 11);

$CP_{(Fxn)Estado}$ = consumo per capita da faixa n do respectivo Estado, $L.hab^{-1}.d^1$;

$CP_{(Fx1)Estado}$ = consumo per capita da faixa 1 do respectivo Estado, $L.hab^{-1}.d^1$;

X = coeficiente de proporcionalidade, $L^2.hab^{-2}.d^2$;

CP_{Estado} = consumo per capita do Estado, $L.hab^{-1}.d^1$; obtido da PNSB.

Quadro 11. Coeficientes de retirada urbana per capita calculado, em litros/habitante.dia⁻¹, conforme o Estado considerado e a faixa de população do município.

UF	Faixa 1 ($L.hab^{-1}.d^1$)	Faixa 2 ($L.hab^{-1}.d^1$)	Faixa 3 ($L.hab^{-1}.d^1$)	Faixa 4 ($L.hab^{-1}.d^1$)
Rondônia	370	425	490	573
Amazonas	268	313	357	420
Pará	223	256	295	345

UF	Faixa 1 (L.hab ⁻¹ .d ¹)	Faixa 2 (L.hab ⁻¹ .d ¹)	Faixa 3 (L.hab ⁻¹ .d ¹)	Faixa 4 (L.hab ⁻¹ .d ¹)
Amapá	295	345	394	463
Maranhão	207	239	275	322
Piauí	187	221	249	291
Bahia	179	209	239	281
Minas Gerais	199	232	265	311
Espírito Santo	251	289	333	389
Rio de Janeiro	191	223	255	299
São Paulo	231	270	309	363
Paraná	183	210	242	283
Santa Catarina	210	242	279	326
Rio Grande do Sul	243	283	324	380
Mato Grosso do Sul	236	271	312	365
Mato Grosso	260	298	344	402
Goiás	169	201	226	263

Obs: na obtenção destes coeficientes foram considerados somente municípios da PNSB (IBGE, 2000), na área do estudo, com retiradas superiores a 70 L.hab⁻¹.d¹ ou inferiores a 450 L.hab⁻¹.d¹.

A estimativa da vazão de retirada para abastecimento urbano em cada município foi feita pela equação:

$$Q_u = Pop_{u,a} \cdot CP_{(Fxn)} \quad (29)$$

Em que: Q_u = vazão de captação, L.d¹;

$Pop_{u,a}$ = população municipal abastecida por rede geral, habitantes;

$CP_{(Fxn)}$ = per capita da faixa na qual se enquadra o município, L.hab⁻¹.d¹;

Com relação à utilização dos coeficientes *per capita*, é importante destacar que o Quadro 11, apesar de obtido com dados da PNSB de 2000, foi utilizado para todo o período 1931 – 2003. No entanto, os municípios receberam, em cada censo, valores compatíveis com a sua população à época, ou seja, a cada censo os municípios poderiam ser enquadrados em faixas populacionais diferentes das que ocuparam no censo anterior, em função da evolução das suas populações. Esse procedimento possibilitou que fosse contemplado o fato de que, em geral, o consumo *per capita* aumenta com o crescimento do município.

Considerou-se, para fins de cálculo da vazão retirada para abastecimento urbano que, se a sede do município se encontra na área de drenagem analisada, toda a população atendida estará na área de drenagem e, portanto, toda a vazão retirada foi computada nesta área de drenagem.

A estimativa das vazões retiradas para abastecimento urbano foi realizada para cada um dos municípios pertencentes à bacia de drenagem, sendo a vazão total retirada para abastecimento urbano obtida pelo somatório das vazões correspondentes a todos os municípios pertencentes à bacia.

As vazões consumidas no abastecimento urbano foram estimadas considerando o fato de que este tipo de uso apresenta um baixo uso consuntivo, da ordem de 20%. A

NBR 9649 da ABNT recomenda, na falta de valores obtidos em campo, o valor de 0,8 para o coeficiente de retorno.

As planilhas com os resultados obtidos pela metodologia aqui empregada, apresentadas no capítulo de resultados, dizem respeito às vazões obtidas em função da demanda verificada nas bacias de contribuição de cada aproveitamento.

A vazão de retorno foi então obtida por:

$$Q_{u,r} = Q_u \cdot kr_{urb} \quad (30)$$

Em que: $Q_{u,r}$ = vazão de retorno do abastecimento urbano, $L.d^1$;

kr_{urb} = coeficiente de retorno do abastecimento urbano, adimensional;

A vazão de consumo, dada pela diferença entre as vazões de captação e retorno, foi obtida por:

$$Q_{u,c} = Q_u - Q_{u,r} \quad (31)$$

Em que: $Q_{u,c}$ = vazão de consumo do abastecimento urbano, $L.d^1$.

2.5. ESTIMATIVA DAS SÉRIES DE VAZÕES PARA ABASTECIMENTO RURAL

A metodologia para estimativa das séries de vazões do abastecimento rural pode ser vista, de forma resumida, na Figura 9.

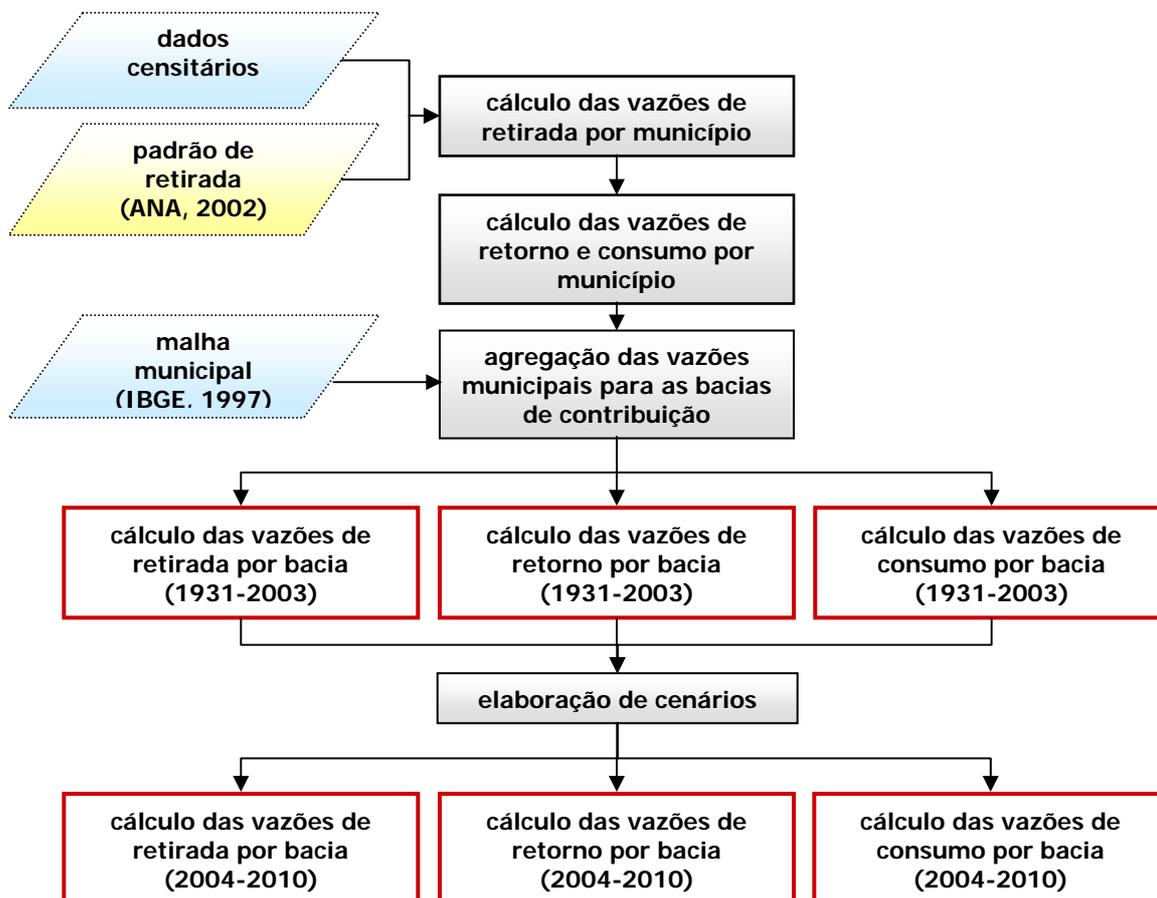


Figura 9. Fluxograma simplificado da metodologia utilizada na estimativa das séries de vazões para abastecimento rural.

Para o abastecimento rural considerou-se, além da população rural, também a urbana não atendida. No cálculo das vazões utilizou-se, no caso das populações rural e urbana não atendidas por rede geral, os coeficientes de retirada rural *per capita*. Considerou-se, portanto, que as duas parcelas tendem a se abastecer de água de forma semelhante. No caso da população rural atendida por rede geral, utilizou-se os mesmos *per capita* da população urbana.

Uma observação mais detalhada dos dados fornecidos pelo IBGE mostrou um fato que até recentemente tinha pouco significado em relação ao universo considerado. O número crescente de domicílios rurais abastecidos por rede geral. Isso criou, do ponto de vista da metodologia desenvolvida, duas situações distintas (Figura 10)

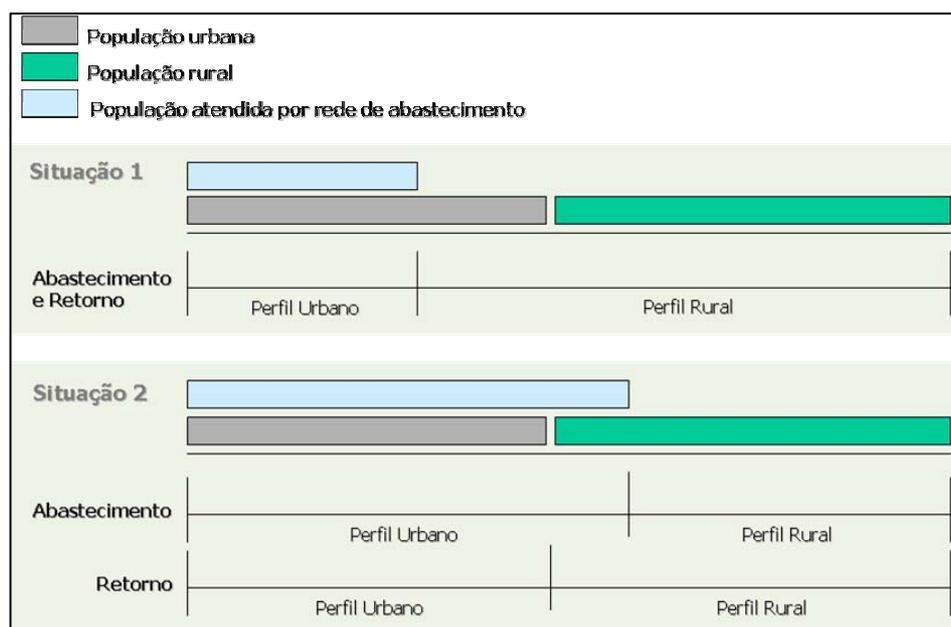


Figura 10. Situações consideradas no cálculo do abastecimento humano.

- A primeira delas é aplicada aos municípios onde a população atendida por rede geral é inferior à população urbana. Neste caso, não há distinção do cálculo dos volumes de captação e retorno;
- A segunda aplica-se aos casos onde a população atendida por rede geral é superior à população urbana. Para atender a esta segunda situação foram definidos dois perfis de habitantes, diferenciados por sua condição em relação ao abastecimento e ao retorno. Partiu-se do princípio de que toda a população atendida, seja ela urbana ou rural, é abastecida com per capita que mais se aproximam do urbano, sendo estes os utilizados. Por outro lado, o avanço nas redes de abastecimento não foi seguido, na mesma proporção, por expansão dos serviços de esgotamento sanitário, o que caracteriza maior proximidade do que ocorre de fato no meio rural. Com isso, nessa segunda situação, o cálculo das vazões de captação e retorno foi condicionado pelo perfil da população: urbano ou rural.

Os coeficientes de retirada rural *per capita* utilizados foram propostos pela ANA (2003) no documento "Base de Referência para o Plano Nacional de Recursos Hídricos" (Quadro 12). Conforme se observa no Quadro 12, a determinação do consumo *per capita* para abastecimento rural é função do Estado onde se localiza o município considerado.

Quadro 12. Coeficientes de retirada rural per capita, conforme a Unidade da Federação.

Estados	Consumo per capita (L.hab ⁻¹ .d ⁻¹)
AL, GO, PI	70
AC, BA, CE, DF, ES, MA, MS, MT, PA, PB, PE, PR, RN, RO, SE, SC, TO	100
AM, AP, MG, RJ, RS, RR, SP	125

Fonte: ANA (2003). Memorial descritivo do cálculo da demanda humana de água contido no documento "Base de Referência do Plano Nacional de Recursos Hídricos" (Nota Técnica 010/SPR / 2003).

A Estimativa da vazão retirada para abastecimento rural, por município, foi feita pela equação:

$$Q_r = (Pop_{r,na} + Pop_{u,na}) \cdot CP_{rur} + Pop_{r,a} \cdot CP_{(Fxn)} \quad (32)$$

Em que: Q_r = vazão retirada para abastecimento rural por município, $L.dia^{-1}$;

$Pop_{r,na}$ = população rural do município não atendida por rede geral, habitantes;

$Pop_{r,a}$ = população rural do município atendida por rede geral, habitantes;

$Pop_{u,na}$ = população urbana não atendida por rede geral, habitantes;

CP_{rur} = vazão per capita, $L.hab^{-1}.dia^{-1}$, obtida do Quadro 13, considerando o Estado onde se localiza o município;

A estimativa das vazões retiradas para abastecimento rural foi realizada para cada um dos municípios pertencentes à bacia de drenagem, sendo a vazão total retirada para abastecimento rural obtida pelo somatório das vazões correspondentes a todos os municípios pertencentes à bacia.

Para obtenção das séries, foi necessário localizar espacialmente, em cada uma das áreas incrementais, as demandas estimadas por município. As demandas rurais foram distribuídas conforme o percentual da área de município contido em cada área incremental. Assumiu-se, portanto, que a distribuição dessas demandas se dá de maneira uniforme na área de cada município.

É fato a inexistência de sistemas para a condução das vazões de retorno pertinentes ao abastecimento rural. Contudo, o fato de inexistirem tais sistemas não implica na inexistência do retorno, uma vez que este passa a ocorrer por meio do reabastecimento do lençol freático e conseqüente escoamento subterrâneo. O retorno, nessas condições, deve ser inferior ao do abastecimento urbano, mas certamente não desprezível. Pela consulta à literatura não foi possível identificar um valor de referência para esse coeficiente, o que motivou a adoção de 0,5 como taxa de retorno.

A vazão de retorno foi obtida por:

$$Q_{r,r} = Q_r \cdot kr_{rur} \quad (33)$$

Em que: $Q_{r,r}$ = vazão de retorno do abastecimento rural, $L.d^{-1}$;

Kr_{rur} = coeficiente de retorno do abastecimento rural, adimensional;

A vazão de consumo, dada pela diferença entre as vazões de captação e de retorno, foi obtida por:

$$Q_{r,c} = Q_r - Q_{r,r} \quad (34)$$

Em que: $Q_{r,c}$ = vazão de consumo do abastecimento rural, $L.d^{-1}$.

2.6. ESTIMATIVA DAS SÉRIES DE VAZÕES PARA CRIAÇÃO ANIMAL

A estimativa da série de vazões destinadas para a criação animal foi feita a partir do número de cabeças, disponível nos Censos Agropecuários do IBGE dos anos de 1940, 1950, 1960, 1970, 1975, 1980, 1985 e 1995/1996. Para os anos anteriores à 1940 adotou-se uma extrapolação com a tendência observada entre os censos de 1940 e 1950. Nos anos posteriores à 1996, extrapola-se a tendência observada entre 1985 e 1996.

Foram processados os dados censitários com a determinação, para os municípios contidos em cada uma das 78 áreas de drenagem, da população correspondente aos principais rebanhos nacionais.

A metodologia para estimativa das séries de vazões do abastecimento animal pode ser vista, de forma resumida, na Figura 11.

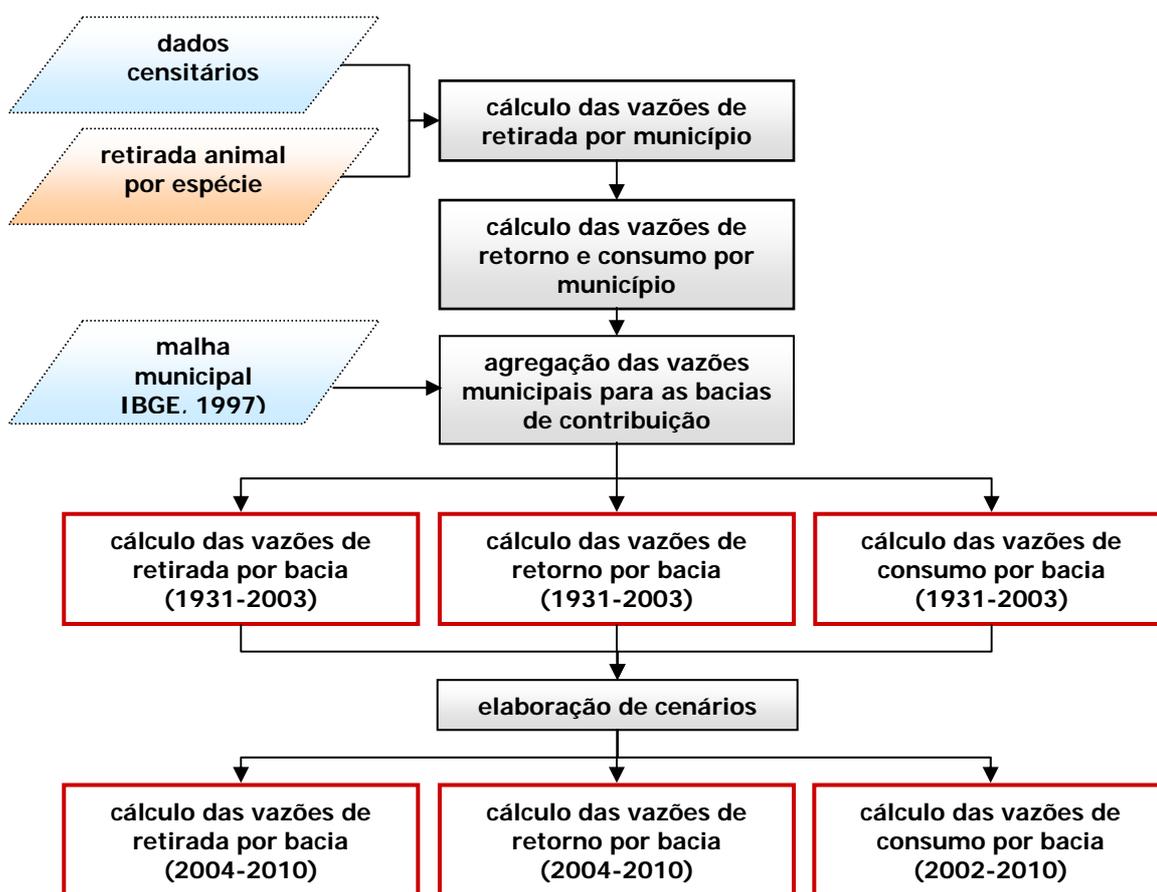


Figura 11. Fluxograma simplificado da metodologia utilizada na estimativa das séries de vazões para abastecimento animal.

O volume retirado, por espécie animal, foi obtido entre os valores propostos no Quadro 13.

Quadro 13. Coeficientes per capita para espécies animais.

Espécie Animal	Retirada (Litros.dia ⁻¹)
Bovino	50
Suíno	12,5
Bubalino	50
Eqüino	50
Asinino	50
Muar	50
Ovino	10
Caprino	10
Aves*	0,36

Fonte: TELLES, 2002. *SRH/BA, 2003.

A estimativa da vazão retirada para criação animal por município foi feita pela equação:

$$Q_a = \sum (Reb_{(esp. anim)} q_{(esp anim)}) \quad (35)$$

Em que: Q_a = vazão retirada para abastecimento animal por município, L.dia⁻¹;

$Reb_{(esp.anim)}$ = rebanho do município para cada espécie animal, obtida nos censos do IBGE; e

$q_{(esp.anim)}$ = vazão per capita por espécie animal, L.animal¹.dia⁻¹.

Considerou-se, para fins de cálculo do rebanho correspondente a cada espécie animal, o critério de proporcionalidade da área do município localizada na área de drenagem considerada.

A estimativa das vazões retiradas para abastecimento animal foi realizada, portanto, para cada um dos municípios pertencentes à bacia de drenagem, sendo a vazão total retirada obtida pelo somatório das vazões correspondentes a todos municípios pertencentes à bacia.

Em relação à estimativa da vazão de retorno para o abastecimento animal, optou-se inicialmente por considerá-la nula. Isto se deveu fundamentalmente à inexistência de informações que permitissem embasar uma metodologia consistente e a insignificância do seu valor (uma fração do volume captado) ante os demais valores calculados neste trabalho. No entanto, durante as reuniões realizadas com a Comissão de Acompanhamento, e em função de observações feitas pelos Agentes de Geração, foi discutida a adoção de uma taxa de retorno de 0,2 do volume captado, tendo sido este o valor utilizado.

A vazão de retorno foi obtida por:

$$Q_{a,r} = Q_a \cdot kr_{anim} \quad (36)$$

Em que: $Q_{a,r}$ = vazão de retorno da criação animal, $L.d^{-1}$;

kr_{anim} = coeficiente de retorno da criação animal, adimensional;

A vazão de consumo, dada pela diferença entre as vazões de captação e de retorno, foi obtida por:

$$Q_{a,c} = Q_a - Q_{ar} \quad (37)$$

Em que: $Q_{m,a,c}$ = vazão de consumo da criação animal, $L.d^{-1}$.

2.7. ESTIMATIVA DAS SÉRIES DE VAZÕES PARA ABASTECIMENTO INDUSTRIAL

A metodologia adotada para estimativa das séries de vazões relacionadas ao abastecimento industrial (Figura 12), consiste de processo em que são levados em consideração o valor da produção industrial municipal, a quantidade produzida por tipo de indústria no ano de 2003 e a relação entre essa quantidade e o volume de água necessário à produção de cada unidade – função do processo industrial adotado.

Foram utilizados:

- *Censos Industriais: 1940, 1950, 1960, 1970, 1975, 1980 e 1985; e*
- *Pesquisa Industrial Anual: 1990, 1995 e 2001.*

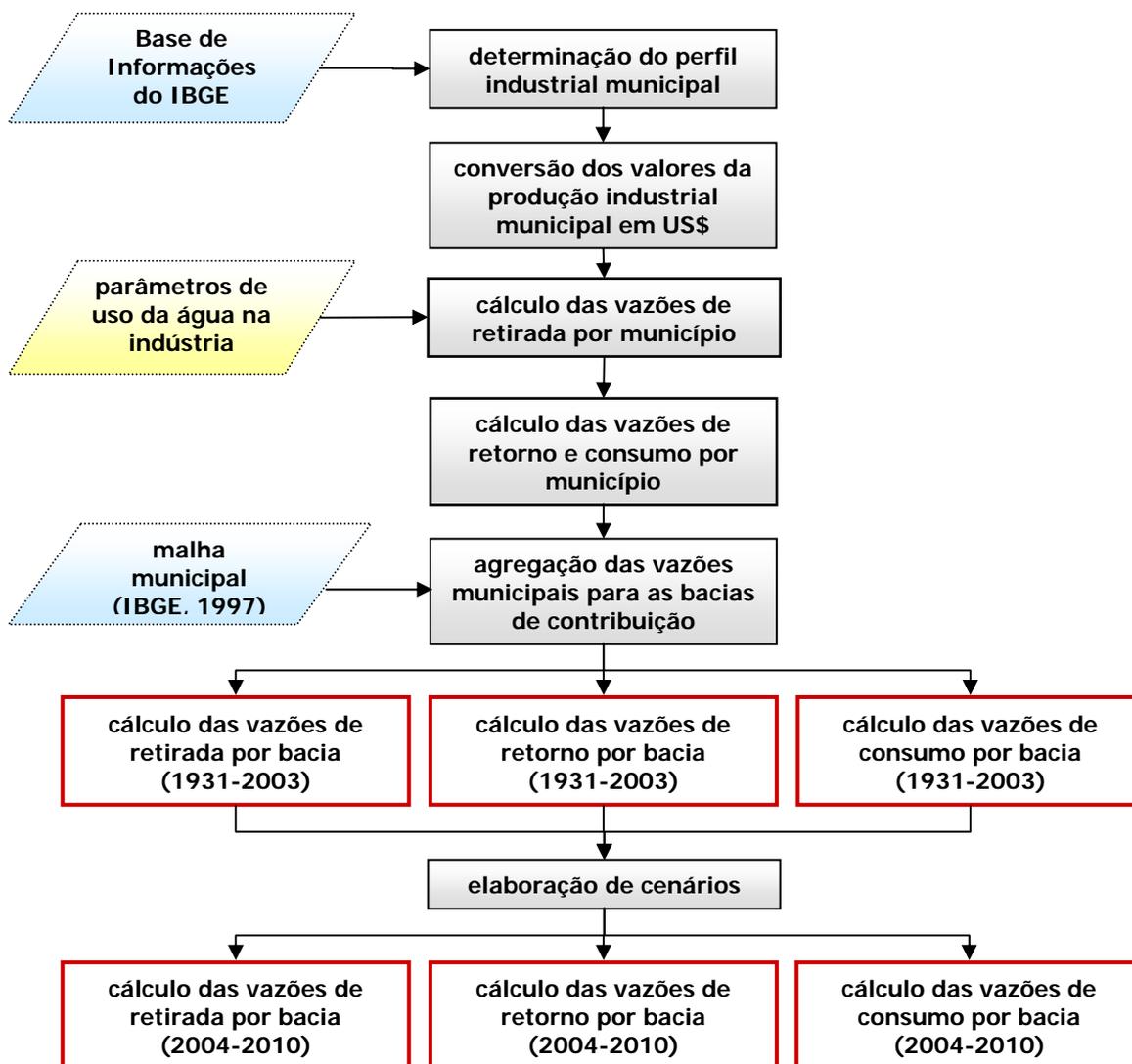


Figura 12. Fluxograma simplificado da metodologia utilizada na estimativa das séries de vazões para abastecimento industrial.

O processo aqui adotado difere daquele utilizado pelo Documento Base do Plano Nacional de Recursos Hídricos (ANA, 2002a), na realização do diagnóstico das grandes bacias hidrográficas brasileiras, que reuniu dados de diversas fontes. O trabalho da ANA consistiu na obtenção de um coeficiente *per capita* médio, aplicável aos trabalhadores registrados na indústria de transformação, e do número de empregados do setor secundário, para os anos disponíveis na Base de Informações Municipais do Setor de Produção de Bens e Serviços do IBGE.

Segundo os resultados da ANA, os valores *per capita* variaram de 1.500 a 5.500 l/empregado.dia⁻¹, em função dos tipos de atividade industrial.

A equipe do Consórcio FAHMA – DZETA considerou que a adoção da metodologia aplicada no Plano Nacional de Recursos Hídricos apresentaria dificuldades na obtenção dos coeficientes *per capita* e do número de trabalhadores registrados na indústria, ao longo de todo o período de tempo considerado no estudo.

Decidiu-se adaptar os valores apresentados no “Manual de Procedimentos para Outorga de Uso da Água na Indústria e Mineração – Bacia do Paraíba do Sul”, elaborado pela Superintendência de Outorga da ANA, (ANA, 2002b). Os parâmetros fornecidos no manual apresentam as vazões de retirada, de retorno e de consumo para um número muito grande de processos industriais, o que tornou necessária a agregação de alguns deles. Além disso, foi necessário, durante essa agregação, unificar as unidades apresentadas pelos processos industriais do manual, uma vez que muitas delas eram específicas e diferiam entre os diversos tipos de indústria.

Considerando que o IBGE utiliza, na tabulação dos resultados das suas pesquisas sobre a atividade industrial, a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE, adotou-se como base para a agregação dos parâmetros do manual do Paraíba do Sul (ANA, 2002b) as 21 grandes classes de atividades industriais nela discriminadas, sendo uma dessas classes extrativa e as demais de transformação. Foram atribuídos códigos a cada uma dessas atividades tomando como referência a codificação do CNAE, não sendo necessariamente a mesma. Posteriormente, observou-se que, nos censos, alguns municípios dispunham apenas do valor da produção industrial total, sem discriminação por classe de indústria, o que motivou a criação de uma classe “genérica” de indústria, na qual os parâmetros de retirada e retorno representam a média das demais classes. Os parâmetros assim obtidos para as 22 classes podem ser vistos no Quadro 14.

Quadro 14. Parâmetros utilizados na estimativa das vazões de retirada e retorno da indústria.

Código	Produto	Parâmetros (m ³ /US\$)	
		Retirada	Retorno
100	Extrativa Mineral	0,13233	0,10586
150	Produtos Alimentares	0,02708	0,02166
159	Bebidas	0,00998	0,00870
160	Fumo	0,00564	0,00451
170	Têxtil	0,03064	0,02451
180	Vestuários, Calçados e Artefatos de Tecidos	0,03052	0,02442
190	Couros e Peles, Artefatos para Viagens	0,01474	0,01179
201	Madeira	0,05039	0,04031

Continua...

Continuação...

Quadro 14. Parâmetros utilizados na estimativa das vazões de retirada e retorno da indústria.

Código	Produto	Parâmetros (m ³ /US\$)	
		Retirada	Retorno
210	Papel e Papelão	0,08545	0,06836
220	Editorial e Gráfica	0,00001	0,00001
240	Química	0,02304	0,01843
245	Produtos Farmacêuticos e Veterinários	0,00560	0,00448
247	Perfumaria, Sabões e Velas	0,00753	0,00602
251	Borracha	0,00134	0,00107
252	Produtos de Matérias Plásticas	0,00023	0,00018
260	Transformação de não metálicos	0,00492	0,00394
270	Metalúrgica	0,01013	0,00811
290	Mecânica	0,01132	0,00905
310	Material Elétrico de Comunicações	0,00001	0,00001
340	Material de Transporte	0,00551	0,00440
360	Mobiliário	0,12274	0,09838
900	Genérica	0,02713	0,02176

Em relação aos censos industriais cabe comentar a descontinuidade observada na metodologia empregada na sua condução. No geral, observou-se que os censos de 1940 e 1950 apresentaram características semelhantes no agrupamento das classes e que os censos de 1960 a 1985 formam um segundo bloco metodológico, sendo que o censo de 1960 é bastante limitado em termos de abrangência.

O período de 1986 a 2001 não contou com nenhum censo industrial nos moldes dos anteriormente realizados, por isso foi utilizado o índice anual da produção industrial nacional (base fixa) do IBGE, obtido com base na Pesquisa Industrial Anual – PIA para os anos de 1990, 1995 e 2001.

A utilização dos censos e do índice anual possibilitou que se estimasse o valor da produção de cada classe da indústria para os municípios de interesse.

Ao longo do período abrangido pelo estudo, o valor da produção foi expresso em diversas moedas. Todas elas foram convertidas para Dólar dos Estados Unidos da América (US\$), em valor nominal da época. A conversão foi feita com base na cotação anual média do Dólar (para os anos de 1940, 1950, 1960, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995 e 2001), obtida do Banco Central do Brasil.

No período anterior a 1940, utilizou-se uma extrapolação da tendência observada entre 1940 e 1950.

Para tornar mais direta a estimativa das vazões, com base na PIA de 2001 – de onde se obteve o valor da produção e a quantidade produzida para as classes consideradas, converteu-se os parâmetros agregados do manual do Paraíba do Sul de m³/quantidade produzida para m³/US\$, originando os parâmetros do Quadro 14. Embora esse procedimento tenha sido adotado em todas as classes, para algumas delas foi necessário fazer consultas a instituições ligadas ao setor da atividade para complementar as informações da PIA ou mesmo para tornar possível as conversões de unidades produzidas em unidades compatíveis com as do Manual do Paraíba do Sul.

Assim, a estimativa da vazão de retirada para abastecimento industrial no município, dada pelo somatório das vazões demandadas por cada classe de indústria presente, foi feita pela equação:

$$Q_{ind} = \frac{\sum_{Y=1}^{23} [VP_{(ProdutoY)} \cdot V_{retirada(ProdutoY)}]}{31.536.000} \quad (38)$$

Em que: Q_{ind} = vazão total de retirada para abastecimento industrial no município (m), $m^3 s^{-1}$;

$VP_{(ProdutoY)}$ = valor da produção do produto Y, (convertido para) US\$;

$V_{retirada(ProdutoY)}$ = volume captado por unidade monetária produzida do produto Y, $m^3 \cdot US\$^{-1}$ (Quadro 15); e

31.536.000 = fator para correção de unidades.

A determinação da vazão de retorno do abastecimento industrial, para cada município, segue os princípios anteriormente descritos e foi estimada pela equação:

$$Q_{ind,r} = \frac{\sum_{Y=1}^{23} [VP_{(ProdutoY)} \cdot V_{retorno(ProdutoY)}]}{31.536.000} \quad (39)$$

Em que: $Q_{ind,r}$ = vazão de retorno do abastecimento industrial, município (m), $m^3 s^{-1}$;

$VP_{(ProdutoY)}$ = valor da produção do produto Y, (convertido para) US\$; e

$V_{retorno(ProdutoY)}$ = volume efluente por unidade monetária produzida do produto Y, $m^3 \cdot US\$^{-1}$.

31.536.000 = fator para correção de unidades.

As vazões de consumo de cada município ($Q_{ind,c}$) foram obtidas pela diferença entre as vazões de retirada e de retorno pela equação:

$$Q_{ind,c} = Q_{ind} - Q_{ind,r} \quad (40)$$

Os valores de vazões de cada município, nos anos de censos ou PIA, conforme o período foram interpolados mês a mês para os intervalos entre eles. Para os anos anteriores a 1940, ano do primeiro Censo Industrial⁴, foi utilizada uma extrapolação linear dos valores de vazão obtidos para cada município, com base na tendência do período 1940 a 1950.

Em seguida, depois de calculadas as vazões mensais de cada município, os valores foram somados para cada bacia de contribuição. As vazões para abastecimento industrial foram consideradas concentradas nas sedes dos municípios. Portanto têm participação nas vazões de uma dada bacia de contribuição apenas os municípios cuja sede se localiza na bacia.

⁴ No ano de 1930 não houve recenseamento no Brasil. No ano de 1920 foi feito um Censo da Atividade Econômica, em padrões completamente diferentes do apresentado nos censos do período estudado.

2.8. ELABORAÇÃO DE CENÁRIOS

A elaboração e avaliação de cenários é uma sistemática amplamente usada em planejamento estratégico. Através da formulação de situações de possível ocorrência, pode-se avaliar a probabilidade de sucesso de um projeto ou verificar as conseqüências, sobre determinado grupo de variáveis de natureza socioeconômica, de decisões e ações que impliquem na instalação de processos de mudança.

É impossível afirmar que a formulação e avaliação de cenários possuam uma metodologia perfeitamente definida ou que constituam uma ciência exata. A validade dos resultados depende, fundamentalmente, da qualidade (precisão) e da quantidade dos dados disponíveis. Assim como, da seleção e aderência do grupo de variáveis selecionadas à situação que se deseja analisar. É um exercício realizado por aproximações sucessivas, pois trata de prognosticar situações que podem mudar em razão de eventos inesperados ou decisões que se afastam da rotina. Ilustre-se esta característica com um dos exercícios mais freqüentes de criação de cenários: a previsão da variação interanual do Produto Interno Bruto – PIB de um país.

Para o Brasil, as previsões iniciais de crescimento do PIB para 2005 situavam-se em 4,5%. No decorrer do ano, contudo, mudaram drasticamente. Finalizado o ano, as estimativas mais otimistas colocam o crescimento real da economia durante 2005 em 2,5%, enquanto que as estimativas qualificadas como realistas o colocam em 2,0%. Essa variação, além da complexidade da variável medida, no caso o PIB, está intimamente relacionada aos cenários em que os agentes econômicos desenvolvem as suas atividades. Para 2005, por exemplo, alguns analistas afirmam que a crise política influenciou negativamente o cenário otimista que imperava depois do crescimento alcançado em 2004. Outros analistas preferem minimizar a influência da crise política, atribuindo a queda a fatores estruturais. Sem importar qual das duas hipóteses é a correta, a situação ilustra a dificuldade de se fazer previsões em situações sujeitas ao comportamento de uma grande quantidade de variáveis.

Neste estudo a elaboração de cenários foi necessária para definir tendências, ou melhor, formular alternativas de comportamento, segundo determinadas condições de entorno das demandas de recursos hídricos para os denominados usos consuntivos. Foi definido, para cada tipo de uso, um conjunto de variáveis socioeconômicas, todas elas relacionadas com o comportamento da economia – disponibilidade de recursos para realizar investimentos, que podem influenciar o comportamento da demanda. Dessa forma, e segundo uma previsão do comportamento macroeconômico para cada cenário, calcularam-se taxas que representam a expectativa de variação das vazões destinadas a cada tipo de uso em cada uma das bacias e seus respectivos aproveitamentos.

Os diferentes tipos de consumo são controlados por diversos fatores, nem sempre facilmente identificáveis. No item 2.8.2, que trata dos “Fatores que determinam o consumo de água” esse assunto será abordado.

Nos itens a seguir, são detalhados os diferentes aspectos envolvidos na criação dos três diferentes cenários adotados neste estudo.

2.8.1. Cenários Estudados

Não existe um limite sobre quantidade de cenários passíveis de serem criados e analisados para uma determinada situação ou problema. Também não existem regras fixas para a sua denominação. Costumeiramente, adotam-se nomes variados: cenário A, cenário B, otimista, pessimista, mais provável, etc.

No presente estudo foram definidos três cenários: um cenário “A”, tendencial; um cenário baseado no cumprimento das metas do setor público denominado “B”; e um cenário “C”, otimista, no qual aceita-se que as metas planejadas pelo governo serão ultrapassadas.

2.8.1.1. Cenário A

O cenário A é aquele em que se assume que a situação atual não deve experimentar grandes mudanças no futuro, esperando-se que as variáveis determinantes do cenário continuem mostrando índices de oscilação relativamente constantes e próximos dos observados no passado recente.

Nos países do primeiro mundo, o cenário A representa, também, o mais provável, uma vez que a estabilidade é a característica predominante de suas economias e a conjuntura internacional, em determinado momento, é, em boa parte, por eles determinada. Já para os países em estágio de desenvolvimento, a maior parte deles caracterizado por constantes variações nas taxas de crescimento da economia e pouca mobilidade social, a tendência depende do momento considerado. No caso específico do Brasil, a alternância de fases de crescimento com fases de estagnação ou depressão são freqüentes. A este respeito, observe-se o Quadro 15, onde se apresentam dados sobre variação real do PIB no Brasil. Os dados do Quadro foram utilizados para realizar inferências sobre o possível comportamento dos usos consuntivos relacionados com as atividades agrícola e industrial.

Quadro 15. Taxas de crescimento real do PIB entre 1951 e 2004

PERÍODO	PIB TOTAL (%)	INDÚSTRIA (%)	SERVIÇOS (%)	AGRICULTURA (%)
1951	4,9	6,4	9,9	0,7
1952	7,3	5,0	10,8	9,1
1953	4,7	8,7	-0,1	0,2
1954	7,8	8,7	13,0	7,9
1955	8,8	10,6	3,5	7,7
1956	2,9	6,9	4,7	-2,4
1957	7,7	5,7	9,0	9,3
1958	10,8	16,2	5,4	2,0
1959	9,8	11,9	1,2	5,3
1960	9,4	9,6	13,0	4,9
1961	8,6	10,6	11,9	7,6
1962	6,6	7,8	3,3	5,5
1963	0,6	0,2	2,9	1,0
1964	3,4	5,2	2,0	1,3

Continua...

Continuação...

Quadro 15. Taxas de crescimento real do PIB entre 1951 e 2004

PERÍODO	PIB TOTAL (%)	INDÚSTRIA (%)	SERVIÇOS (%)	AGRICULTURA (%)
1965	2,4	-4,7	1,3	13,8
1966	6,7	11,7	5,8	-3,2
1967	4,2	3,0	5,8	5,7
1968	9,8	15,5	8,9	1,4
1969	9,5	12,1	11,6	3,8
1970	10,4	10,4	10,5	1,0
1971	11,4	11,8	11,4	10,2
1972	11,9	14,2	12,5	4,0
1973	13,9	17,0	15,6	0,1
1974	8,3	8,5	10,9	1,3
1975	5,1	4,9	4,9	6,6
1976	10,2	11,7	11,4	2,2
1977	4,9	3,1	5,0	12,1
1978	4,9	6,4	6,1	-2,8
1979	6,8	6,8	7,7	4,8
1980	9,3	9,3	9,2	9,6
1981	-4,3	-8,8	-2,5	8,0
1982	0,8	0,0	2,1	-0,2
1983	-2,9	-5,9	-0,5	-0,5
1984	5,4	6,3	5,4	2,6
1985	7,8	8,3	6,9	9,6
1986	7,5	11,7	8,1	-8,0
1987	3,5	1,0	3,1	15,0
1988	-0,1	-2,6	2,3	0,8
1989	3,2	2,9	3,5	2,8
1990	-5,1	-8,7	-1,2	-2,8
1991	1,0	0,3	2,0	1,4
1992	-0,5	-4,2	0,3	4,9
1993	4,9	7,0	1,8	-0,1
1994	5,9	6,7	1,8	5,5
1995	4,2	1,9	1,3	4,1
1996	2,7	3,3	2,3	3,1
1997	3,6	5,8	2,6	-0,2
1998	-0,1	-1,3	0,8	0,0
1999	0,8	-1,6	1,9	7,4
2000	4,5	5,0	3,9	3,0
2001	4,1	5,0	3,5	2,5
2002	4,2	4,7	4,8	3,0
2003	-0,2	-1,0	-0,2	5,0
2004*	5,2	6,2	3,7	5,3

* Dado do Ministério do Planejamento, mas sem confirmação em outras fontes.

Uma consideração muito importante sobre o cenário A trata da determinação das “taxas tendenciais”. Conforme mencionado, a alternância de comportamento da economia caracteriza países como o Brasil. Por outro lado, as séries históricas dos

diferentes tipos de consumo de água partem de valores muito baixos, apresentando taxas de crescimento iniciais bastante elevadas que, logicamente, são decrescentes na medida em que se amplia cada tipo de utilização dos recursos hídricos, tendendo à saturação.

Tal situação pode ser verificada no crescimento da área irrigada dentro de uma determinada bacia. De fato, inicialmente serão irrigadas aquelas áreas que apresentem facilidades intrínsecas como abundância de solos irrigáveis e/ou proximidade à fonte de abastecimento. Com o progressivo aumento do uso de irrigação na bacia, as áreas inicialmente consideradas como marginais começarão a ser paulatinamente incorporadas, porém a um ritmo inferior, dado que os investimentos necessários serão progressivamente maiores. O próximo hectare irrigado terá custos de implantação superiores.

Dessa forma, a utilização da série total de dados para determinar a tendência, em geral, leva a uma superestimativa do crescimento futuro. Neste estudo foram avaliados diferentes comprimentos de séries para obtenção das taxas tendenciais. Concluiu-se que, em geral, os últimos sete anos de cada série representariam com maior propriedade a tendência conjuntural, especialmente pelas restrições impostas à capacidade de investimento do setor público e pela baixa probabilidade de alterações do perfil socioeconômico da população, traduzida em crescimento pouco apreciável do mercado que, por sua vez, limita novos investimentos produtivos. Adicione-se a este fato, o horizonte proposto para o estudo, 2010, período relativamente curto, durante o qual, dificilmente, se podem produzir mudanças macroeconômicas substanciais.

Cabe ressaltar que, as taxas tendenciais foram obtidas das séries de vazões do aproveitamento mais a jusante de cada bacia, pois este, acumulando todas as variações ocorridas à montante, reflete um comportamento médio da bacia.

O cenário A pode, então, ser descrito da seguinte forma:

O País continuará enfrentado dificuldades, restringindo o crescimento regional; as bacias de interesse não serão objeto de intervenções diferentes daquelas atualmente em desenvolvimento, sem possibilidades, até o horizonte fixado, de mudar fundamentalmente as tendências determinadas. O mercado interno continuará sendo uma restrição para o crescimento da agricultura irrigada. As exportações crescerão segundo o cenário macroeconômico, sem constituir um elemento decisivo. Os comitês e agências de bacia poderão ser constituídos e a cobrança será instituída, mas sem resultados expressivos. Os recursos arrecadados dentro de cada bacia não são inteiramente aplicados na bacia. Conflitos por ventura já existentes⁵ poderão agravar-se durante o período, exigindo definição de prioridades e a imposição de restrições à utilização dos recursos naturais, em especial da água, providências difíceis de tomar sem o sistema de gerenciamento de recursos hídricos em pleno funcionamento. A disponibilidade em alguns casos poderá limitar o crescimento da agricultura irrigada e, quando cotejada a sua demanda com a humana, poderá ser necessário redirecionar recursos hídricos em algumas localidades, mas as conseqüências, em razão do horizonte fixado, não serão muito importantes.

⁵ O estudo de cenários é prejudicado pela indisponibilidade de dados sobre o balanço hídrico de cada bacia, haja vista que se desconhecem possíveis conflitos atuais e futuros. As projeções sobre cada tipo de consumo, especialmente o mais significativo, o agrícola, não puderam ser limitados em função da real disponibilidade de recursos hídricos em cada bacia. Contudo, na maioria das bacias estudadas, os usos totais das bacias ainda não representam parcela significativa da disponibilidade.

2.8.1.2. Cenário B

O segundo cenário estudado foi denominado de "B". As previsões deste cenário correspondem às metas do planejamento econômico do Poder Executivo. Dessa forma, aceita-se que as medidas necessárias para mudar a conjuntura do cenário A serão oportunamente tomadas e cumprirão os seus objetivos. Note-se que, para este cenário, as diretrizes adotadas afetam de duas formas diferentes o consumo de água. Um dos requisitos do crescimento econômico é a queda das taxa real de juros, haja vista que tal redução incentiva investimentos nos setores produtivos e, além disso, diminui os encargos da dívida pública interna, um dos fatores que restringem o investimento do governo. O crescimento da atividade econômica, por outro lado, reflete-se na arrecadação de impostos e se traduz em maior capacidade de investimento governamental.

No caso da economia brasileira, segundo as instituições internacionais que estudam o desempenho econômico dos países (CEPAL e Banco Mundial, por exemplo) o parâmetro que condiciona e dificulta a queda dos juros no Brasil e, como consequência, o crescimento da economia, é o elevado gasto público. Ele deveria, por um lado diminuir e, por outro, mudar o perfil para permitir maiores níveis de investimento, haja vista que essa rubrica pesa, cada vez menos, no orçamento da União. Observe-se ainda que, segundo essas mesmas fontes, a conjuntura econômica mundial tem sido muito favorável para o crescimento dos países da América Latina, mas o Brasil foi um dos que mostrou taxas de crescimento da economia inferiores. Dessa forma, a previsão de crescimento para 2006, por volta de 4,5%, não será facilmente atingida.

Os pressupostos fundamentais, não levando totalmente em consideração as observações do parágrafo anterior, para o cenário B dizem respeito ao crescimento do PIB, como indicador de atividade econômica, e aos programas inseridos no Plano Plurianual de Ação – PPA, 2004/2007 do Executivo Federal. Estimou-se, inicialmente, que a taxa prevista para o crescimento do PIB em 2006 seria ligeiramente inferior ao previsto na Lei de Diretrizes Orçamentárias – LDO, e atingiria 4,0%.

No que diz respeito às intervenções do setor público capazes de alterar as taxas tendenciais de consumo de água, considerou-se que o Ministério da Integração Nacional – MI, como gestor das políticas de infra-estrutura hídrica e de irrigação, através de suas ações, pode influenciar diretamente na distribuição da água entre diversos usos, remanejando parte dos recursos destinados aos usos rural, agrícola e animal, disponibilizando o recurso para outros usos⁶. Para o PPA 2004-2007, o peso da atuação do MI dar-se-á em subespaços regionais não situados dentro das bacias em estudo. Ressalva-se o relativo à agricultura irrigada, com sistemas em implantação na bacia do Parnaíba, onde se prevê o maior crescimento futuro dessa atividade. Por outro lado, a agricultura irrigada privada, atividade tradicionalmente de relevância nos estados do Sul e Sudeste aparenta um crescimento significativo no Estado de Mato Grosso. Nas bacias dos rios Guaíba e Uruguai é possível esperar uma retomada da irrigação em áreas total ou parcialmente abandonadas e a incorporação de novas áreas, mas esta situação deverá ter reflexos somente a partir de 2007 e será mais notória no cenário C.

⁶ O Ministério da Integração Nacional desenvolve o Programa PROÁGUA que objetiva o aumento da disponibilidade de água de boa qualidade nos espaços geográficos com baixa disponibilidade. As ações do Programa se traduzem na implantação de sistemas de armazenamento (reservatórios), captação e transporte de água. No subsetor agricultura irrigada, o atual Programa de Desenvolvimento da Agricultura Irrigada implanta sistemas de irrigação.

Outro Ministério com ingerência direta sobre o consumo de água, principalmente no meio urbano, é o Ministério das Cidades, responsável pela promoção do crescimento dos sistemas de abastecimento. Na atualidade, e como resultado de sua baixa capacidade de investimento, esse Ministério apóia, principalmente, o desenvolvimento de Planos Diretores dos municípios, que dificilmente estarão plenamente vigentes dentro do horizonte fixado para o estudo, especialmente ao se produzirem mudanças de governo nos níveis federal e estadual. Adicionalmente, é conveniente salientar que a responsabilidade direta pela implantação de tais sistemas é dos governos estaduais e municipais, cabendo ao nível federal, em alguns casos, a construção de obras que viabilizam a disponibilidade de água bruta para o abastecimento. À esfera federal cabem também as transferências de recursos financeiros a Estados e municípios. Dadas as condições de prazo e disponibilidade de recursos financeiros sob as quais foi desenvolvido o trabalho, foi impossível cotejar, nos estados, o binômio planejamento – realizações, para intentar inferir o rumo dos investimentos nas áreas que afetam o consumo de água.

Para a construção do cenário B, optou-se por aceitar que, sendo 2006 um ano eleitoral, se realizarão esforços adicionais para intentar alcançar metas por encima das, até agora, conseguidas. Se aceita que se poderá imprimir um ritmo melhor ao crescimento da economia – concretização de investimentos necessários, mas até agora não realizados – que poderá ser mantido nos próximos cinco anos, independentemente das mudanças de governo.

Para o cenário B aceita-se a seguinte situação:

O País, a partir de 2006, cumprirá as suas metas macroeconômicas, propiciando o desenvolvimento regional. O PPA 2008-2011, dependendo da continuação ou não do atual quadro político no governo federal poderá, alternativamente: reestruturar, sem modificações fundamentais, os planos, programas e projetos em andamento e já previstos, ou, introduzir novos programas que poderão ser iniciados em 2008 e terão impactos positivos a partir desse mesmo ano. As forças restritivas atualmente enfrentadas na implantação dos programas poderão ser removidas, atingindo-se as metas; nos locais de aumento da atividade econômica se produzirá um crescimento demográfico superior à média; as demandas de infra-estrutura física e social poderão ser satisfeitas, não constituindo obstáculo para o crescimento. Os comitês e agências de bacia ainda não terão alcançado o seu pleno funcionamento, mas a sua instalação progride nas bacias de interesse. A cobrança terá aumentado e os recursos serão totalmente dirigidos para a recuperação e preservação das bacias, regularização e aumento da disponibilidade de recursos hídricos para todos os usos. Em locais específicos, os conflitos existentes agravar-se-ão, pois não será possível aumentar a disponibilidade, sendo necessário o re-ordenamento da utilização da água; algumas áreas atualmente irrigadas deverão reduzir o seu consumo, o que poderá, parcialmente, ser conseguido pela modernização dos sistemas; é possível que alguma área, de expressão média, seja alijada por falta de recursos hídricos; o crescimento da economia regional gerará empregos, incorporando novos consumidores ao mercado, mas sem impacto apreciável na demanda. Assim, o mercado continuará restritivo para o crescimento da agricultura irrigada, pois é muito difícil prever o aumento significativo da renda média no prazo sendo considerado; os blocos comerciais regionais ainda não

terão se firmado, sem repercussões significativas na exportação de produtos originários da agricultura irrigada e da indústria. O crédito não constituirá um obstáculo importante, considerando-se um aumento da oferta, e uma queda na taxa real de juros, que facilitará investimentos, especialmente no setor secundário, capazes de maturar dentro do horizonte do estudo.

2.8.1.3. Cenário C

O terceiro cenário estudado foi denominado cenário “C”. É um cenário Otimista, pois incorpora a expectativa de superação das metas propostas para o cenário B.

O cenário C é descrito por:

A economia do País deverá crescer a uma taxa anual superior a partir do ano 2006, atingindo 6,0%. Mesmo se produzindo mudança de poder no governo federal, as metas do PPA 2008-2011 refletirão esta tendência, sendo mais ambiciosas que aquelas contidas no Plano anterior. Mesmo assim, observe-se, novamente, que o horizonte de estudo – 2010 – é muito próximo, não acarretando impactos de monta no crescimento da renda e sua distribuição, bem como na realização de investimentos produtivos de vulto com maturação dentro do período analisado. Mesmo assim, pode imaginar-se que os consumos poderão crescer a taxas superiores àquelas previstas para os dois cenários anteriores, resultado da maior capacidade de investimento do setor público, maior disponibilidade de crédito e redução significativa da taxa real de juros. Guardando-se coerência com o número de empregos a criar, cifra que, com certeza, será importante nas campanhas políticas, aceita-se a superação da demanda esperada, haja vista que o número de consumidores criados deveria superar a previsão do cenário Cenário B, refletindo-se no aumento das taxas de crescimento dos usos consuntivos. A indústria, que hoje trabalha com elevada capacidade ociosa, mas que exibiu uma recuperação no final de 2005, poderá experimentar um importante crescimento, propiciando novos investimentos, cujas características deverão variar em função da bacia. Progressos notáveis na implantação do sistema de gerenciamento de recursos hídricos, com maior capacidade de controle sobre os diversos usos, mas o cenário ressentir-se, também da inexistência de parâmetros indicadores do limite da disponibilidade para produção agrícola. Dessa forma, é possível esperar um incremento de todos os consumos acima do esperado para o Cenário B. As demandas para irrigação, resultado de uma maior capacidade de investimento do setor privado –lucros sendo reinvestidos – deverão aumentar por encima das tendências atuais e das previstas para o Cenário B.

2.8.2. Fatores que Determinam o Consumo de Água

2.8.2.1. Abastecimento Urbano

Cinco fatores podem ser destacados como impulsores da demanda de água para abastecimento humano no espaço urbano: crescimento demográfico; aumento da expectativa de vida; urbanização; expansão da oferta de água tratada através de sistemas de captação, tratamento e distribuição; crescimento da renda e do poder aquisitivo.

Os dois primeiros parâmetros são facilmente correlacionados com o incremento da demanda. De fato, a água, como composto indispensável à vida, é consumida em todas as fases da vida humana, sendo possível estabelecer uma correlação direta entre população e consumo. No que diz respeito ao aumento da expectativa de vida, também é fácil perceber que entre mais longa a existência dos habitantes de qualquer lugar, maior será o volume de água necessário para satisfazer as necessidades. Cumpre destacar que os dados censitários já incorporam este fenômeno.

O crescimento dos aglomerados humanos num determinado espaço geográfico (processo de urbanização) exige o direcionamento de recursos hídricos para tal espaço, visando a satisfação das necessidades adicionais surgidas da migração. No âmbito rural, os integrantes da família satisfazem as suas necessidades a partir da fonte mais próxima e de forma mais ou menos rudimentar, sendo pouco perceptível, no conjunto dos usos, o impacto sobre a demanda de água para consumo humano. A carência de água no meio rural, em contrapartida, acelera o processo migratório campo-cidade, especialmente em regiões como o Nordeste brasileiro. Uma vez instalados nas cidades, os ex-habitantes do espaço rural passam a demandar, concentradamente, o fornecimento de água, surgindo a necessidade de aumentar as quantidades captadas pelos sistemas de abastecimento e o crescimento das redes de distribuição.

Tal como mencionado, crescimento das redes de distribuição e/ou do número de economias ligadas às redes, permite a utilização de maior quantidade de água por cada indivíduo instalado no espaço urbano, superior à normalmente demandada no âmbito rural, no qual as próprias dificuldades de abastecimento agem como controladoras da quantidade consumida. À medida que as redes de distribuição e o número de ligações se expandem, além do natural aumento de consumo *per capita*, aparece um novo fator de pressão sobre os recursos hídricos: o desperdício originado pela ineficiências dos sistemas de distribuição e o baixo nível de conscientização dos consumidores sobre as necessidades de preservação.

O último fator de aumento do consumo enunciado, ou seja, o aumento da renda e do poder aquisitivo incide diretamente no aumento da retirada *per capita*. A elasticidade-renda da demanda de água não é apreciável. Essa propriedade é comprovada nos estágios iniciais da ascensão socioeconômica, mas a quantidade consumida por cada lar em determinado estrato tende a ser relativamente constante. A mudança de estrato leva consigo um aumento no consumo, cuja taxa é progressivamente menor na proporção que se atingem padrões de vida mais elevados.

2.8.2.2. Abastecimento Rural

O desenvolvimento econômico de determinadas regiões permite implementar sistemas de abastecimento no meio rural. Com isso, é previsível uma reversão da tendência decrescente do consumo rural, característica do movimento migratório campo-cidade. A taxa de crescimento demográfico rural apresenta-se como negativa para a grande maioria das bacias estudadas, excetuando-se as dos rios Guaporé, Jamari, Uatumã, Xingu, Itiquira e Correntes. Em função de não haver provisão para campanhas de campo e da carência de informações estatísticas para a área rural dos municípios que compõem a área de estudo dessas bacias, torna-se difícil explicar as razões de tal crescimento. É possível que em alguns aproveitamentos com bacias de contribuição muito pequenas, o próprio aproveitamento possa ter facilitado e

estimulado o consumo rural, seja porque criou melhores condições de abastecimento para a população ou porque viabilizou a instalação/ampliação de atividades produtivas.

No caso da bacia do rio Paraíba do Sul, uma recuperação econômica significativa poderá representar um incremento de todas as demandas, mas dificilmente se sentirá com intensidade na região afetada pelo aproveitamento Cambuci.

Julgou-se prudente considerar que em todas as bacias estudadas com taxa negativa de crescimento ocorreria um pequeno incremento do consumo rural nos cenários B e C, em função do avanço das redes de abastecimento no meio rural. Isto é, as taxas negativas diminuirão, mas, para a grande maioria das bacias, não voltarão a tornar-se positivas.

2.8.2.3. Irrigação

Os sistemas de irrigação, fornecedores de água para a produção agrícola intensiva, são responsáveis pelo consumo de, aproximadamente, 60% dos recursos hídricos derivados no País, alcançando um valor médio de 70% em nível mundial. O Brasil, com aproximadamente, 3.200.000 ha⁷ irrigados, é um dos países de menor relação área irrigada/área irrigável (10%). Além disso, ostenta uma baixíssima taxa de “hectares irrigados/habitantes” (0,018 ha/hab) - a menor da América do Sul – que representa menos de 20% do que essa mesma relação no Chile (0,093) ou nos Estados Unidos (0,098).

Atualmente, entre 30 e 40% dos alimentos do mundo procedem dos 16% de áreas irrigadas do total de áreas cultivadas. Alguns estudos concluem que, nos próximos 25 anos, até 80% dos alimentos produzidos provirão das áreas irrigadas, esperando-se um substancial crescimento, a curto e médio prazos, na América do Sul.

Na hipótese de incorporação da maioria da população na economia de mercado, o País exibiria atualmente, um déficit de mais de 2.000.000 ha irrigados, já que deveria ostentar uma relação, dadas as necessidades de produção de alimentos, de 0,03 ha/hab. Logicamente, este déficit não é sentido em razão do tamanho da parcela populacional praticamente alijada do consumo, refletindo uma das piores distribuições de renda do mundo e a pior da América. Utilizando-se o modelo PODIUM⁸, para o ano 2025 a área irrigada do Brasil deveria situar-se por volta de 8.000.000 ha para suprir as necessidades alimentares de sua população sem expandir a fronteira agrícola em terras da Amazônia. Outro aspecto, cuja importância econômica pode aumentar substancialmente nos próximos anos, é a exportação da denominada “água virtual”, isto é, àquela presente nos produtos agrícolas exportados, especialmente naqueles produzidos com irrigação. O potencial do Brasil nessa linha de produção é muito grande e, por falta de investimentos do setor público e de incentivos para o setor privado, não está sendo suficientemente explorada.

A informação acima é incluída com o intuito de alertar sobre a opção que o País deve fazer para garantir alimentos suficientes, caso a inclusão socioeconômica da população atualmente excluída venha ser realizada. Por outro lado, existe consenso entre as instituições internacionais que lidam com a produção mundial de alimentos

⁷ Dados do Ministério da Integração Nacional,

⁸ Modelo desenvolvido pelo International Water Management Institute – IWMI – para calcular necessidades hídricas em função do crescimento da população e das necessidades de insumo calórico representado em produção de grãos.

(UNDP, FAO, Banco Mundial, BID, etc.) sobre as vantagens incontestáveis da agricultura irrigada como ferramenta para a geração de emprego e renda a um custo inferior àquele de quaisquer outras atividades produtivas. Nos pólos analisados pelo Banco Mundial, criaram-se, em média, graças ao incremento da área irrigada, 40.000 empregos/ano entre 1970 e 2000 a um custo médio que oscilou entre US\$ 5.000 e US\$ 6.000/emprego.

Outra característica da agricultura irrigada é a sua rápida resposta aos programas de incentivo. Observe-se na Figura 13 o crescimento da área irrigada experimentado com a implantação de programas que facilitaram os investimentos por parte da iniciativa privada.

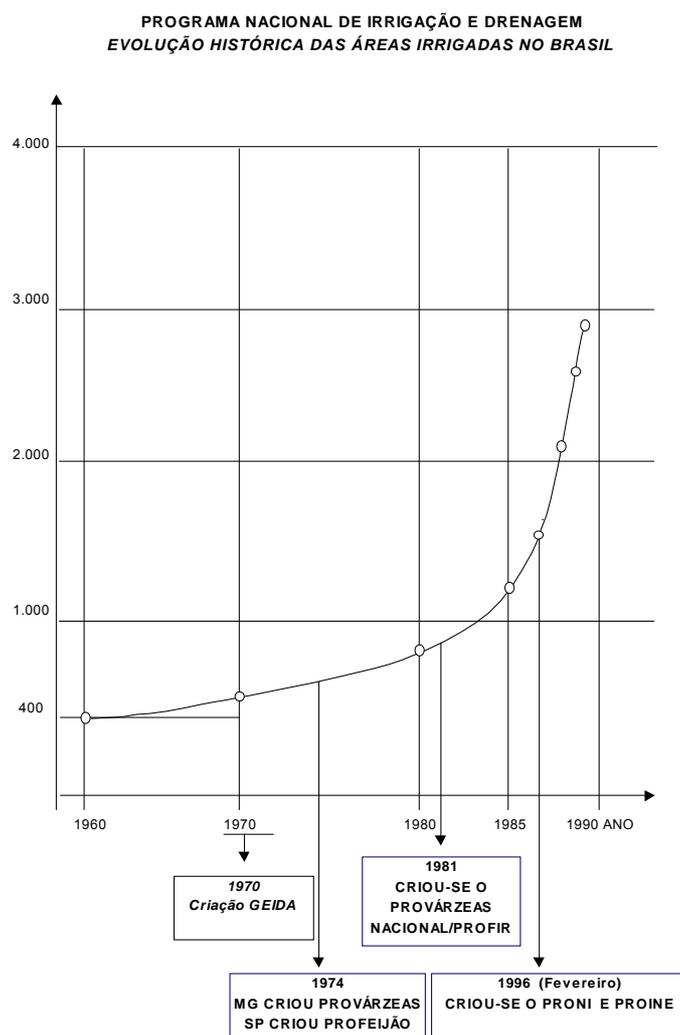


Figura 13. Crescimento da área irrigada como consequência da implementação de programas específicos.

Para a criação dos cenários de crescimento da área irrigada⁹ existem várias dificuldades. Uma delas é a diversidade de fontes de informação sobre área irrigada, nem sempre concordantes, uma vez que não existe um cadastro amplo e atualizado. Surgem, assim, incertezas sobre o total normalmente informado e, principalmente,

⁹ Em função da variação interanual da demanda e do consumo, originada pela maior ou menor oferta de água proveniente da precipitação, optou-se por trabalhar com área irrigada como base para a geração das séries de vazões para o período 2004-2010.

sobre a localização exata de 90% dos irrigantes, pois os projetos públicos, cuja situação geográfica é conhecida, representam apenas 10% do total. Os registros de Outorga, que poderiam auxiliar nesta tarefa, conforme anteriormente comentado, são feitos com a finalidade diversa do presente trabalho e ainda não abrangem todas as bacias, por isso foram usados apenas como elemento de comparação. Outra dificuldade para o estabelecimento de cenários para irrigação é a pouca aderência do crescimento da área irrigada à variação do PIB.

Exercícios realizados levando em consideração as reais necessidades de incremento da área irrigada, anteriormente mencionadas, resultaram em taxas de crescimento muito elevadas, consideradas pouco prováveis em função de que os poucos programas de implantação de projetos públicos previstos no PPA 2004-2007 tiveram a sua execução aquém do planejado. Para os cenários B e C, especialmente para o C, considerou-se que o PPA 2008-2011 reestruturará os programas vigentes e introduzirá medidas de fomento ao investimento privado em irrigação. Mesmo assim, os efeitos no crescimento da área irrigada dificilmente poderão ser sentidos dentro do horizonte fixado.

Outro aspecto que merece ser destacado é o fato de registrar-se, nos países onde a irrigação é uma tradição, aumento da área irrigada com um incremento não linear do consumo de água. Isto significa que cada unidade de área está produzindo quantidades de alimentos constantes, ou até superiores, consumindo menos água. Isto é resultado dos avanços tecnológicos e da maior conscientização dos produtores. Não é possível prever que fenômeno parecido se registre no Brasil no período compreendido por este estudo. É fato que o PPA atual e, possivelmente o futuro, privilegiam o investimento em obras, relegando a um plano inferior o desenvolvimento tecnológico do setor.

Para as bacias compreendidas no presente estudo existem programas oficiais em execução que poderiam, eventualmente, aumentar a área irrigada somente na do rio Parnaíba. Trabalha-se no desenvolvimento de planos e programas nas bacias dos rios Jequitinhonha e, parcialmente, Guaíba e Uruguai. Ações concretas, porém, dentro do horizonte de estudo, somente no rio Parnaíba e nos cenários B e C.

Na bacia do rio Tapajós, o crescimento do cultivo da soja tem propiciado o incremento da área irrigada. Dessa maneira, se aceita que a série de dados é válida e que o crescimento futuro da área irrigada na bacia não se produzirá com a intensidade observada em alguns anos da série, uma vez as áreas de mais fácil incorporação já estariam sendo irrigadas. As próximas áreas, portanto, apresentariam um crescimento mais lento por exigirem investimentos superiores aos já realizados.

Nas bacias dos rios Jamari, Aripuanã, Comemoração, Uatumã, Guaporé e Riberão dos Lages é provável que a introdução da irrigação seja devida ao próprio aproveitamento, não sendo provável que se produza, dentro do período contemplado pelo horizonte do estudo, incrementos significativos da área irrigada. A probabilidade de aumento da área irrigada, na bacia do Ariguarí é baixa. Assim, considerou-se que para o Cenário B se recuperaria a área que anteriormente era irrigada e que poderia se experimentar um crescimento importante no Cenário C, dadas as características locais.

Para as bacias que já contam com uma área irrigada expressiva, dentro do horizonte do estudo as taxas tendências dificilmente sofrerão alterações abruptas. Tal é o caso das bacias dos rios Paraguaçu, Mucuri, Doce, Paraíba do Sul, Correntes, Itiquira,

Ijuí, Capivari, Itajaí, Jacui e Antas. Caso os estudos em andamento para os rios Uruguai e Guaíba se concretizem antes de dois anos, a partir de 2008 poderia se revitalizar a região recuperando muitos sistemas, mas a incorporação de nova área, dado que boa parte da área irrigável dessas bacias já está em produção, não ocorrerá com intensidade significativa.

No caso da bacia do rio Parnaíba, dificilmente se produzirá uma mudança muito grande nas taxas de crescimento, haja vista que os projetos públicos avançam lentamente e na existe previsão de novos empreendimentos. Tal não é o caso da bacia do Jequitinhonha. As características da região exigem intervenções agressivas. Se a elaboração dos estudos e a implantação das ações por eles, os estudos, propostas são concretizadas, conforme intenção do governo de Minas Gerais e do Ministério da Integração Nacional, no Cenário C poderá ocorrer um acelerado incremento da área irrigada.

Especial menção merece a bacia do Jarí, cuja área irrigada ultrapassou os 5.000 ha na década de 90. Trata-se do conhecido Projeto Jarí, atualmente com a sua parte agrícola completamente desativada. A infra-estrutura de irrigação existe em condições precárias, sua reativação demanda investimentos de certo vulto. Considerou-se que esses investimentos somente poderiam ser realizados no Cenário C.

2.8.2.4. Criação animal

A variação da parcela dos recursos hídricos destinada à criação de rebanhos está relacionada com as variações da atividade econômica do setor primário. Nas regiões tradicionalmente pecuaristas, os rebanhos, especialmente o bovino – maior consumidor – tendem a manter a estabilidade com pequenas taxas de crescimento anual, refletidas na demanda de água. Em regiões não tradicionais, nos anos iniciais do estabelecimento da pecuária se produz um incremento gradual, com aumento expressivo a partir do terceiro ano, estabilizando-se antes do final da primeira década da exploração.

Considerou-se para os cenários B e C que o consumo de água crescerá como resultado da sustentação das taxas de crescimento da atividade econômica e da conseqüente elevação da demanda de proteínas de origem animal. Mas deve observar-se que o desempenho da economia entre 2003 e 2005 esteve abaixo das expectativas criadas, não sendo possível prever, pelo menos para os próximos três anos, impactos significativos nas demandas de água.

2.8.3. Taxas utilizadas na Elaboração dos Cenários

No item 3 - Resultados, apresentam-se, por bacias hidrográficas, as taxas resultantes do estudo feito para a elaboração dos cenários. Conforme mencionado anteriormente, todas as taxas foram obtidas para o último aproveitamento de cada bacia.

No caso do cenário A, para cada bacia de contribuição e tal como posto no item 2.8.1.1, foram avaliadas diferentes extensões de séries para obtenção das taxas tendenciais. Concluiu-se que os últimos sete anos de cada série representariam com maior propriedade as tendências de cada tipo de uso.

Para todos os cenários tomaram-se como ponto de partida os valores das taxas tendenciais. As taxas do cenário B foram obtidas por meio de simulações, nas quais se

buscou atender condições estipuladas para cada bacia, onde os valores dos últimos cinco anos de alguns parâmetros selecionados foram relacionados com os valores de vazão observados. Com isso, criou-se um modelo que permitiu a obtenção de taxas de variação futuras das vazões, em função da expectativa do comportamento dos parâmetros selecionados. Concluiu-se que, de modo geral, a probabilidade de se alcançar taxas elevadas, no curto período compreendido entre finais de 2005 e o horizonte de 2010, é baixa.

Os mecanismos envolvidos na criação do cenário C são semelhantes àqueles do cenário B, diferindo na extrapolação, em alguns setores, das metas do planejamento governamental.

As taxas anuais assim obtidas foram decompostas em valores mensais e aplicadas aos valores de vazão do mês de dezembro de 2003. A única exceção foi a irrigação, cujo parâmetro utilizado para definir o comportamento da atividade foi a área irrigada e não a vazão. Neste caso, a área irrigada de um ano era incrementada em função do valor anual da taxa, gerando o valor no ano seguinte. A obtenção das vazões mensais se deu por meio da aplicação da mesma metodologia utilizada no período 1931-2003.

Especificamente nas bacias dos rios Araguari, Jarí, Jauru e Ribeirão das Lages, os cenários foram estabelecidos a partir da evolução da área irrigada de taxas percentuais, uma vez que o período utilizado para a geração das taxas (últimos sete anos), nestes casos, não ofereceu resultados satisfatórios, apresentando valores, ou muito reduzidos ou negativos. As taxas apresentadas para tais reservatórios foram obtidas dessa estimativa e servem ao cálculo feito pelo Sistema de Estimativa de Usos Consuntivos da Água - SEUCA.

Na bacia do rio Araguari, dificilmente haverá recuperação da área que foi irrigada. Assim sendo, considerou-se que não haveria recuperação da área irrigada e que o cenário "C" apresentaria crescimento.

Na bacia do Rio Jarí, a área irrigada corresponde ao Projeto Jarí, que dificilmente será reativado, porém a infra-estrutura existe e considerou-se, portanto, que somente no melhor cenário se realizariam os investimentos necessários para recuperar a infra-estrutura.

Em Jauru, por se tratar de uma pequena área irrigada, atuais 48 ha, considerou-se um incremento de área para 2010 de 150ha no cenário "B" e de 250ha no cenário "C", o que, em percentuais representam 27 e 36% respectivamente.

No caso de Ribeirão das Lages, o impulso para se adotar a evolução da área irrigada deveu-se a inexistência de informações que permitissem entender o processo de implantação de áreas irrigadas.

É preciso destacar que quando se trata de irrigação, o incremento de 1ha tem custo muito próximo de 100ha, principalmente se a estrutura já estiver pronta como é o caso dessas quatro bacias, ou seja, reativar um único hectare nos projetos desativados, demanda um investimento igual para a reativação de 100, 1.000 ou 10.000ha, isto porque o sistema de adução e distribuição da água captada no curso d'água é único para atendimento de uma área de tal magnitude.

Além disso, tratando-se de área irrigada, não há efeito prático promover expansão para um único hectare isoladamente, exceto nos casos de expansão de área

hortícola a qual não traria impacto significativo na vazão de retirada, mas sim para uma área cuja relação custo/benefício fosse atrativa, o que faz com que tais valores transformados em taxas percentuais apresentem variações consideradas absurdas. Como exemplo, o aumento de 100 para 500ha de área irrigada em uma determinada bacia é amplamente aceito e real, porém corresponderia a uma taxa de crescimento de 400%.

3. RESULTADOS

3.1. APRESENTAÇÃO

Os resultados obtidos neste trabalho consistem basicamente em séries de vazões de retirada, consumo e retorno, para as bacias de contribuição de cada aproveitamento estudado e da Foz dos rios Tapajós, Xingu, Jarí, Parnaíba, Paraguaçu, Jequitinhonha, Mucuri, Doce, Itabapoana, Paraíba do Sul, Manso, Itajaí, Guaíba e a porção brasileira do Uruguai. Foram, no total, noventa áreas de interesse distribuídas nas trinta bacias consideradas (Quadro 1 e Figura 1).

As vazões apresentadas neste capítulo dizem respeito aos usos consuntivos que se verificam nas bacias de contribuição, tomados na seção dos aproveitamentos ou na foz. Ou seja, a área de cada uma das bacias do Quadro 1 utilizada para estimativa das vazões é aquela limitada pelo aproveitamento mais à jusante ou pela foz do rio.

A séries de vazões, como foi dito anteriormente, abrangem um período que vai de 1931 a 2010. Na primeira parte desse período, 1931 a 2003, foram feitas estimativas com base nos dados obtidos das diversas fontes de informação consultadas. No período 2004 a 2010 as vazões foram obtidas por meio da formulação dos três cenários descritos anteriormente (Cenário A, Cenário B e Cenário C).

Para cada um dos aproveitamentos foi gerado um arquivo em Microsoft Excel, cujo nome é o do aproveitamento estudado, com sete planilhas cada um, correspondendo às séries de vazões (em $m^3 \cdot s^{-1}$) de retirada, retorno e consumo para:

- abastecimento urbano;
- abastecimento rural;
- irrigação;
- criação animal;
- abastecimento industrial;
- total; e
- resumo.

Cada uma das planilhas engloba todo o período estudado (1931-2010). Foram incluídos gráficos para facilitar a análise do comportamento das vazões de cada tipo de uso e do total dos usos consuntivos, sendo possível encontrar os valores, a participação percentual dos tipos de uso e as vazões de cada um deles, em termos da retirada e do consumo.

Também é apresentada a evolução das séries de vazões médias anuais do uso consuntivo total, para todo o período estudado, incluindo as três alternativas definidas pelos cenários. Todo o conjunto de planilhas, agrupado por bacia hidrográfica, pode ser obtido, no CD anexo.

Os valores mensais médios das vazões são apresentados em um gráfico semelhante ao da Figura 14, tomado como exemplo. São dispostos em colunas os valores das vazões de retirada, retorno e consumo para o uso total, em cada mês do ano de 2004.

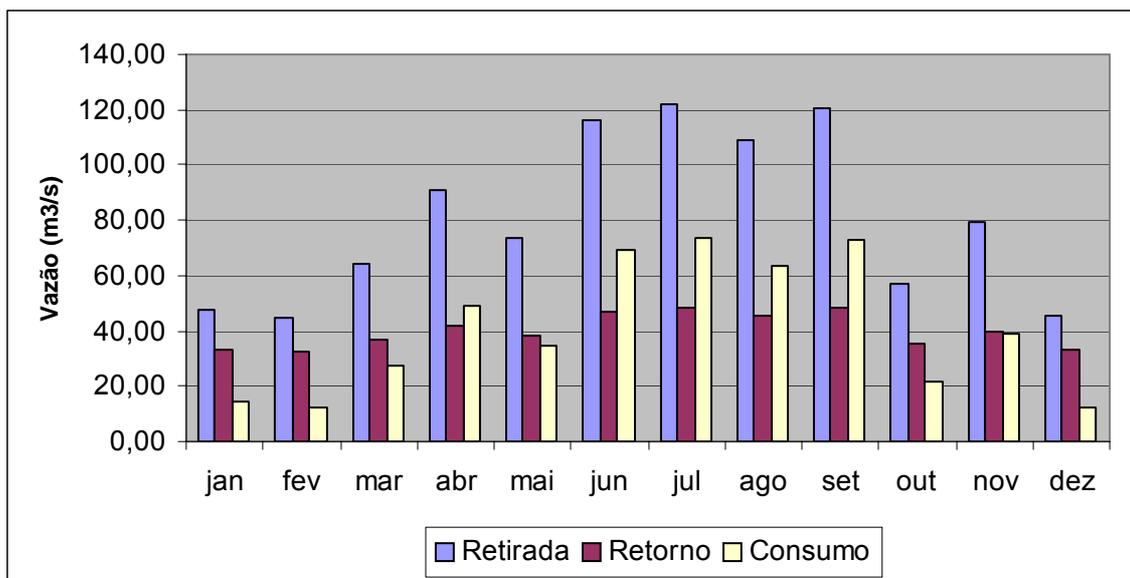


Figura 14. Exemplo da representação gráfica do total das vazões médias mensais dos usos consuntivos.

Para ilustrar o comportamento das vazões obtidas foi escolhido o ano de 2004, pois os parâmetros utilizados no cálculo das vazões de irrigação nesse ano, o primeiro das séries definidas pelos cenários, correspondem a valores médios. Mesmo os dados de precipitação, que para o período 1931 a 2003 foram os valores reais observados nas estações utilizadas, de 2004 em diante, foram obtidos por médias de longo período dos totais disponíveis em cada uma delas. Assim, tais valores descrevem melhor o comportamento médio observado nas vazões no aproveitamento.

A participação dos tipos de uso na vazão média do ano de 2004 é apresentada por dois gráficos diferentes, sendo um deles para as vazões de retirada (Figura 15) e outro para as vazões de consumo (Figura 16).

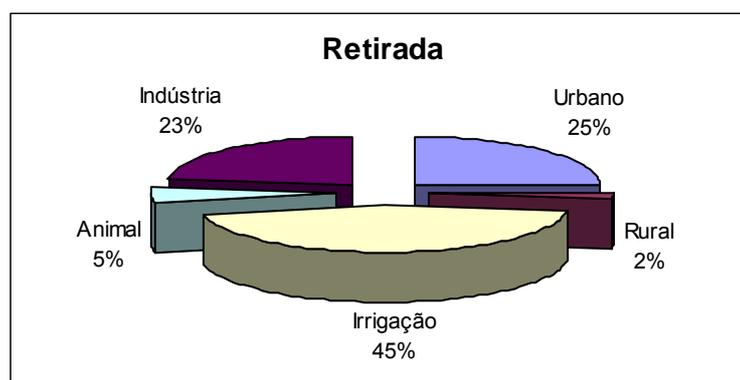


Figura 15. Exemplo da representação gráfica da participação percentual de cada tipo de uso na vazão total de retirada no ano de 2004.

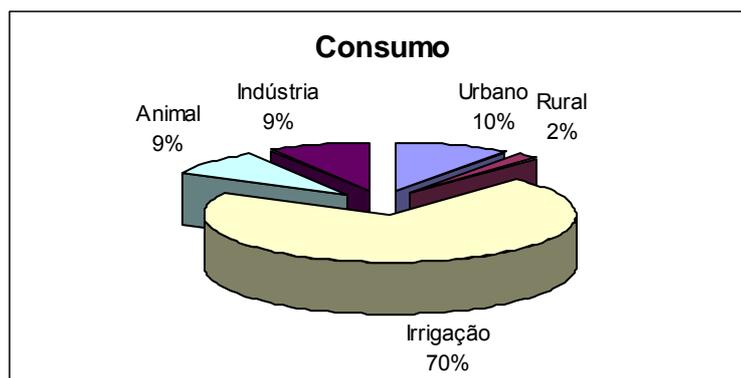


Figura 16. Exemplo da representação gráfica da participação percentual de cada tipo de uso na vazão total de consumo no ano de 2004.

A evolução do total dos usos consuntivos ao longo do período total do estudo é apresentada por um gráfico do tipo mostrado na Figura 17. No gráfico, além das vazões médias anuais do uso total no período 1931 – 2003 é possível observar o comportamento de cada uma das três alternativas de cenários.

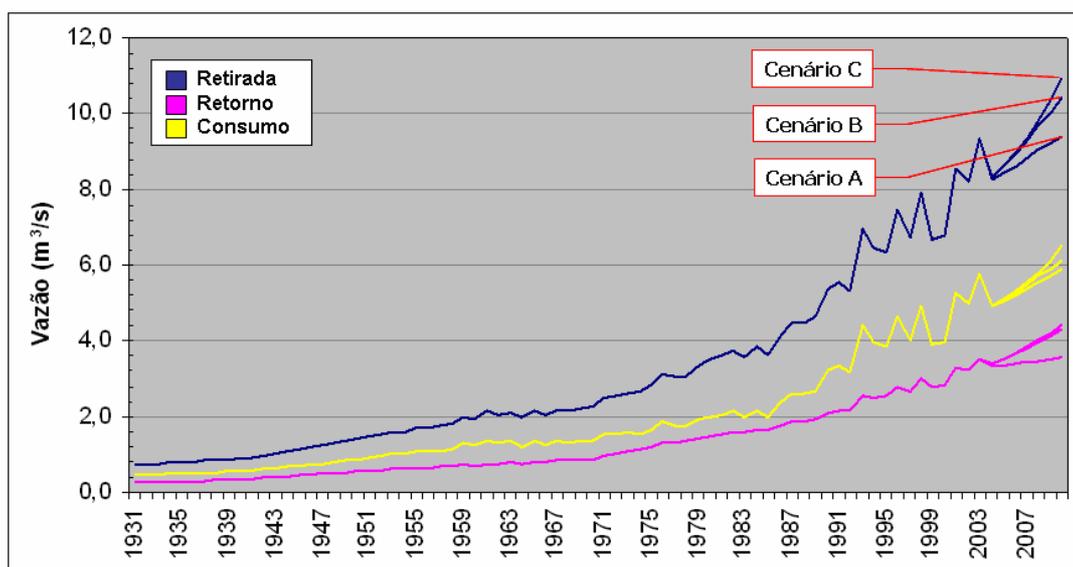


Figura 17. Exemplo da evolução das médias anuais do total dos usos consuntivos no período 1931 – 2003 e projeções dos cenários Cenário A, Cenário B e Cenário C.

Os valores obtidos, de modo geral, mostraram-se bem ajustados aos valores esperados, sobretudo ao serem analisados à luz dos resultados do estudo anterior (ONS, 2003) quando os resultados de alguns aproveitamentos, ou mesmo de algumas bacias, foram exaustivamente analisados frente aos de outros trabalhos e apresentaram resultados bastante consistentes.

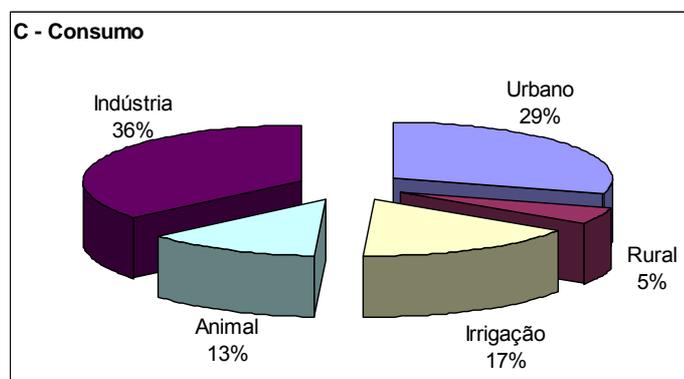
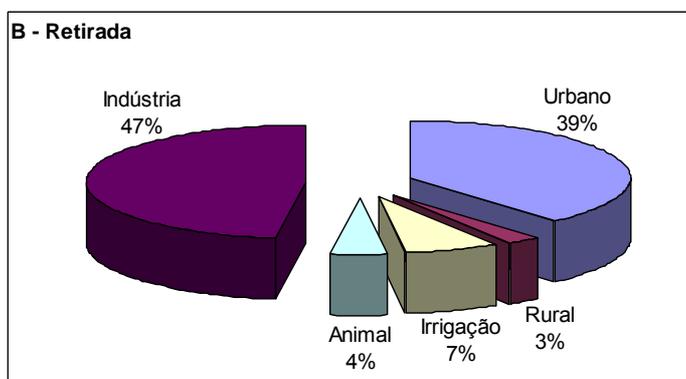
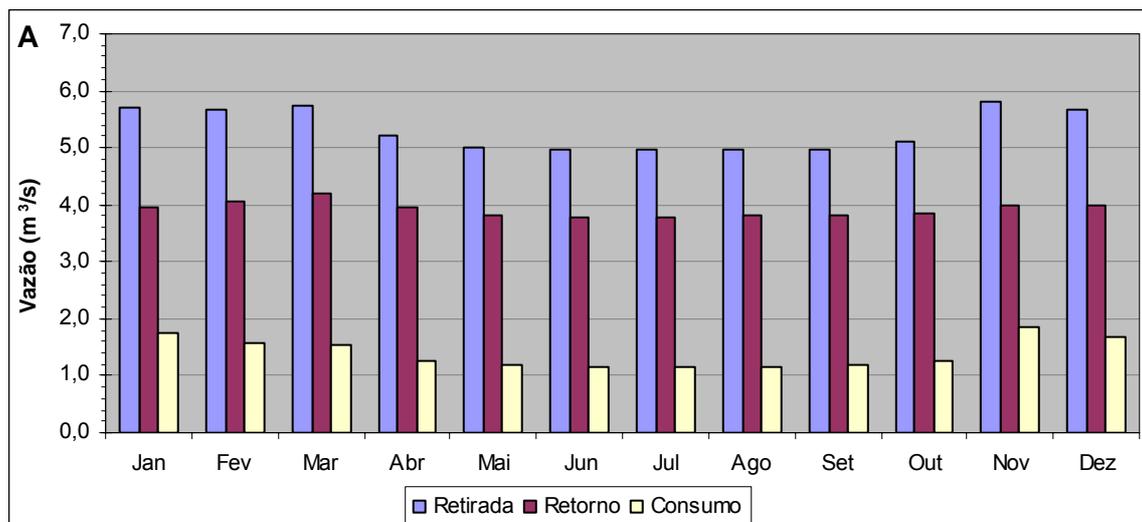
Antes de passar aos resultados de cada uma das bacias, é importante dizer que na metodologia utilizada neste trabalho procurou-se aproveitar da melhor forma possível os dados disponíveis. Os resultados obtidos, entretanto, não devem ser tomados como a realidade de cada um dos municípios – ou mesmo de regiões pequenas – individualmente.

Deve-se ter em mente que tal metodologia está sujeita a dois condicionantes: ela deve ser capaz de gerar as vazões para cinco classes de uso, para um período de 80 anos (1931 a 2010) e para uma área de aproximadamente 2,5 milhões de quilômetros quadrados, dividida entre 90 áreas de interesse e abrangendo mais de 1.878 municípios (cerca de 33% do total de municípios do País). Como o estudo anterior do ONS foram estudados 2.337 municípios, o total dos municípios contemplados com os dois estudos é de 4.215 ou 74% do total de municípios brasileiros¹⁰.

É, portanto, razoável que existam pequenas distorções entre os valores aqui apresentados e outros eventualmente obtidos em estudos mais específicos ou para áreas menores. Por outro lado, como era esperado, ao se considerar as bacias de contribuição dos aproveitamentos, os resultados convergem para um maior ajuste.

¹⁰ Referência: *Malha Municipal Digital do Brasil de 1997*.

3.2. Bacia do Rio Antas



200	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	2,05	0,14	0,36	0,23	2,54	5,32
Retorno (m³.s⁻¹)	1,64	0,07	0,13	0,05	2,03	3,92

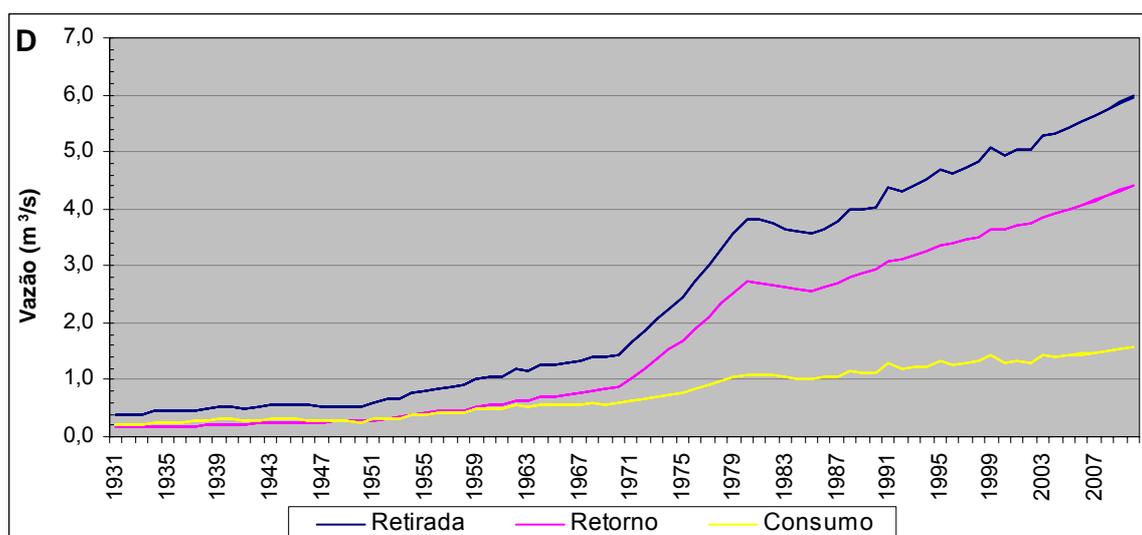
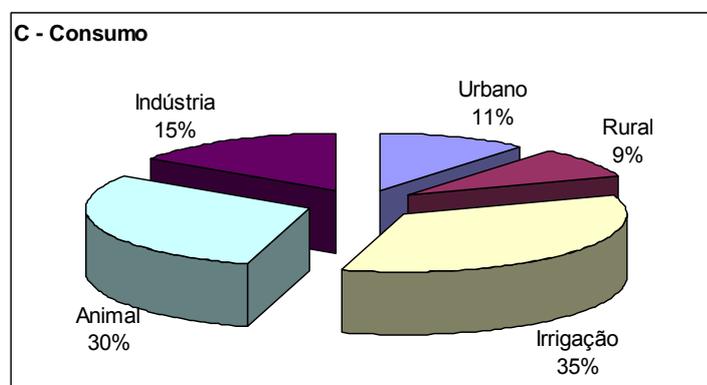
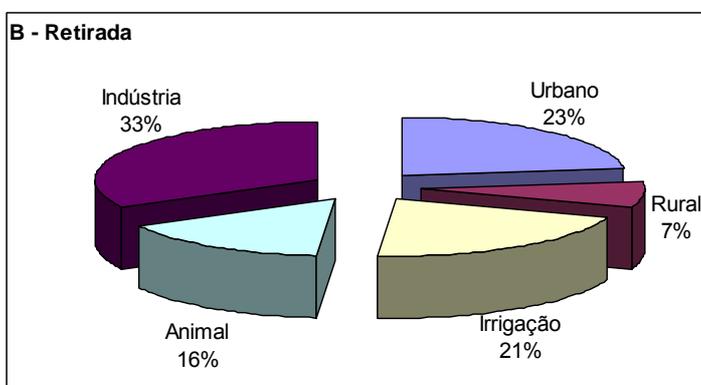
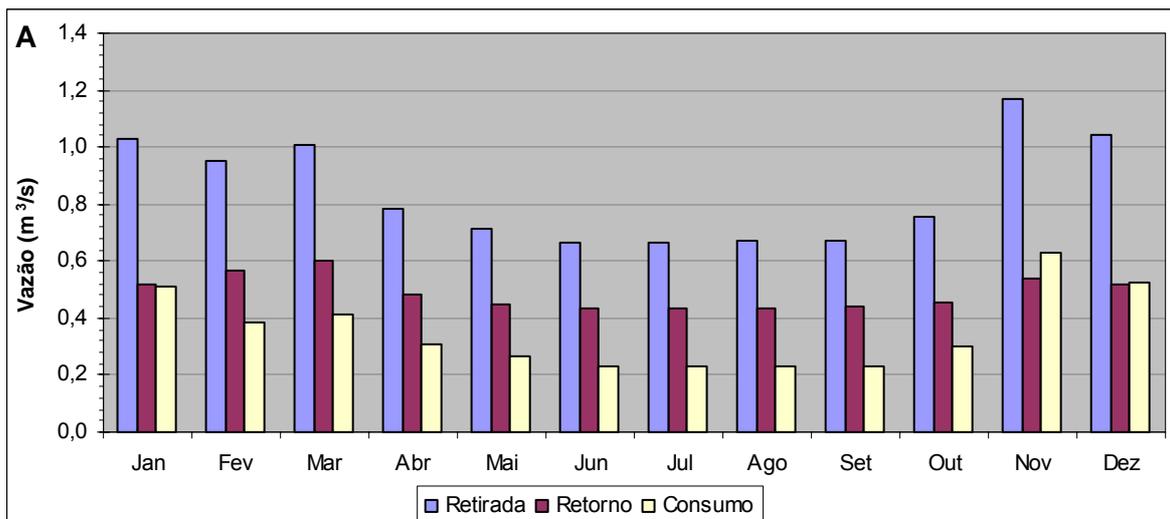


Figura 18. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de 14 de Julho, na Bacia do Rio Antas, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,19	0,06	0,18	0,13	0,28	0,84
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,16	0,03	0,05	0,03	0,22	0,49

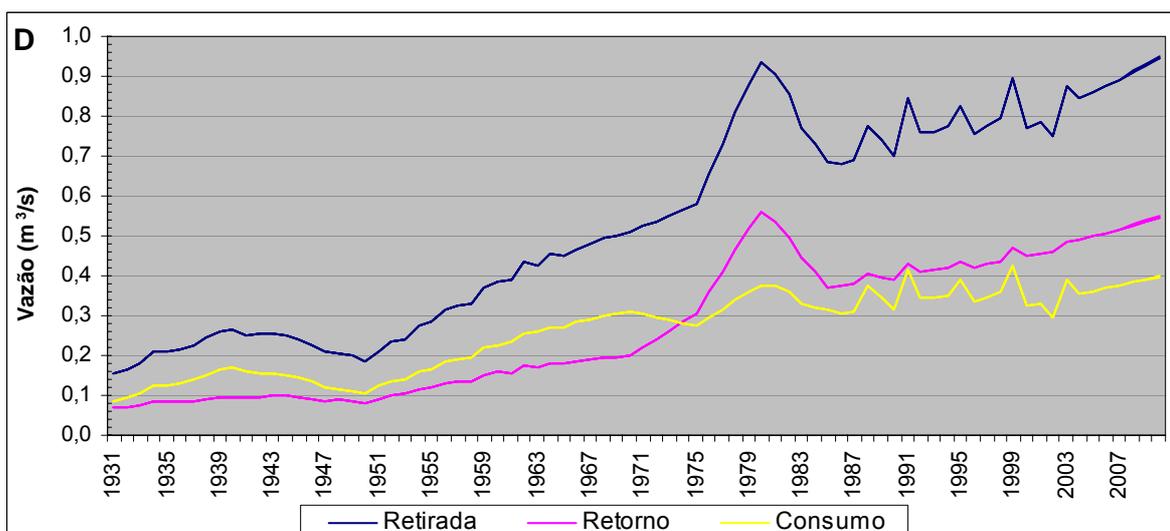
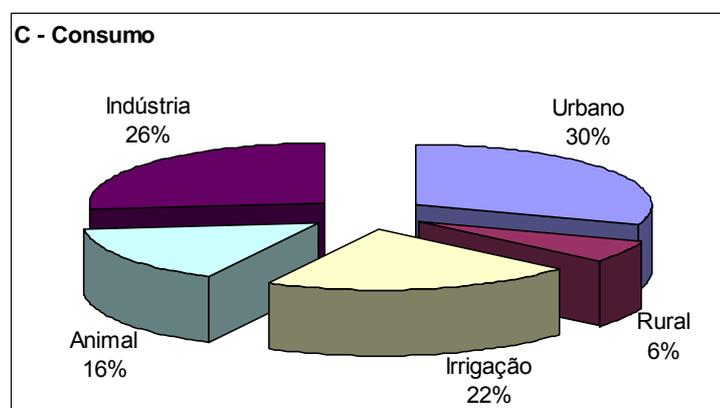
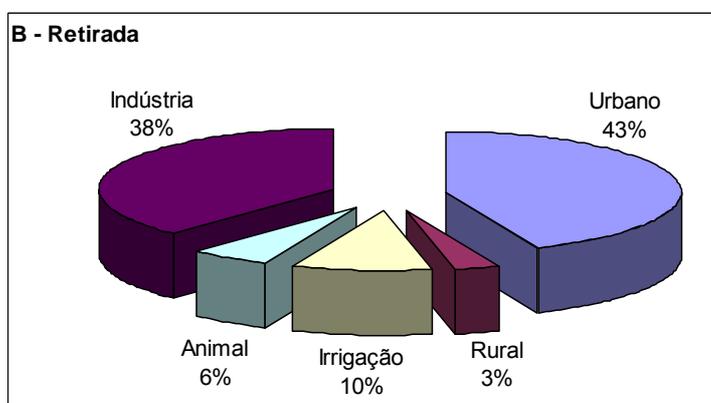
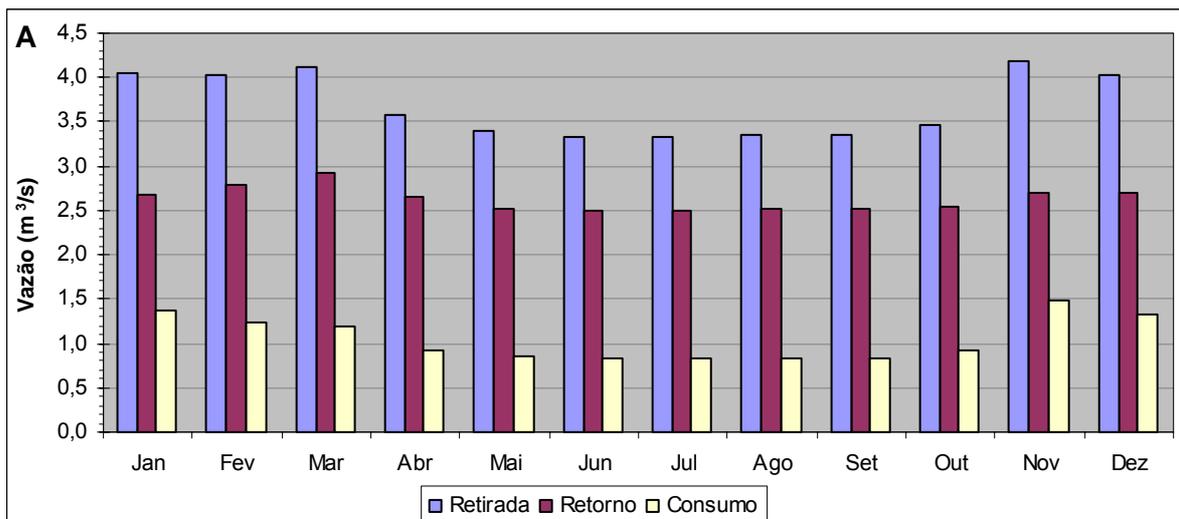


Figura 19. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Castro Alves, na Bacia do Rio Antas, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	1,60	0,12	0,35	0,21	1,40	3,68
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	1,28	0,06	0,12	0,04	1,12	2,63

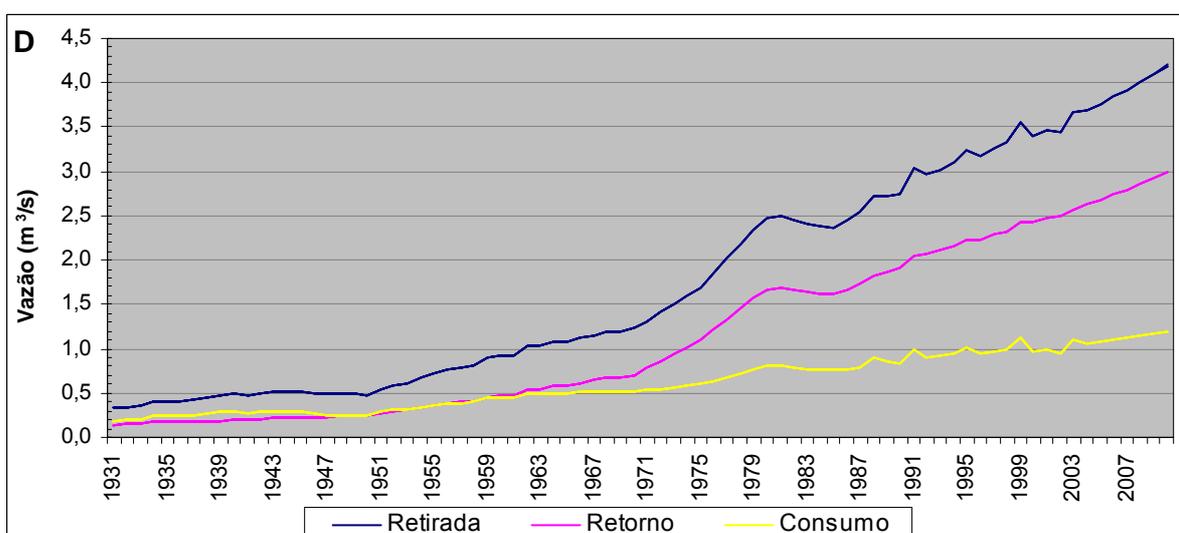
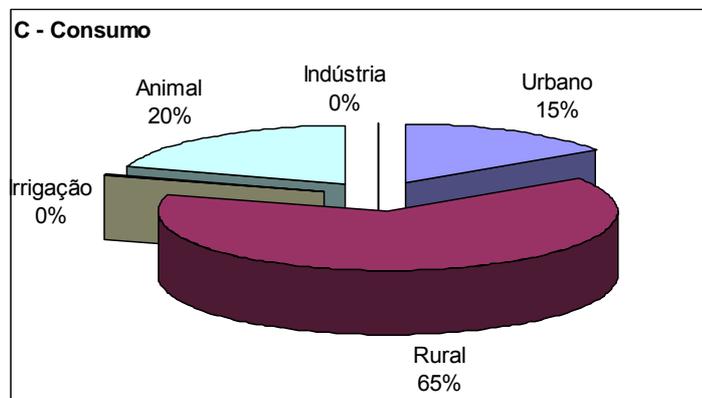
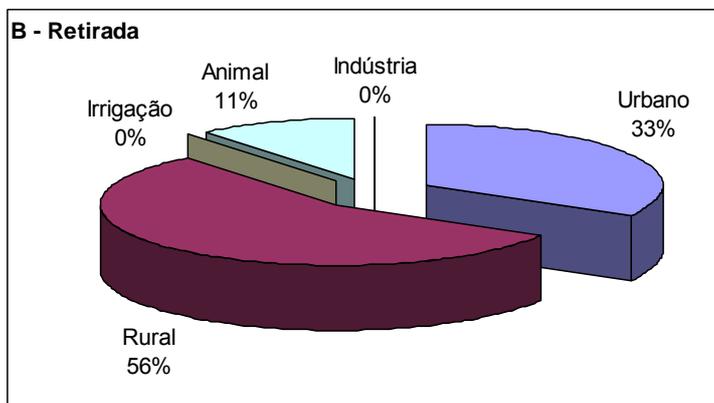
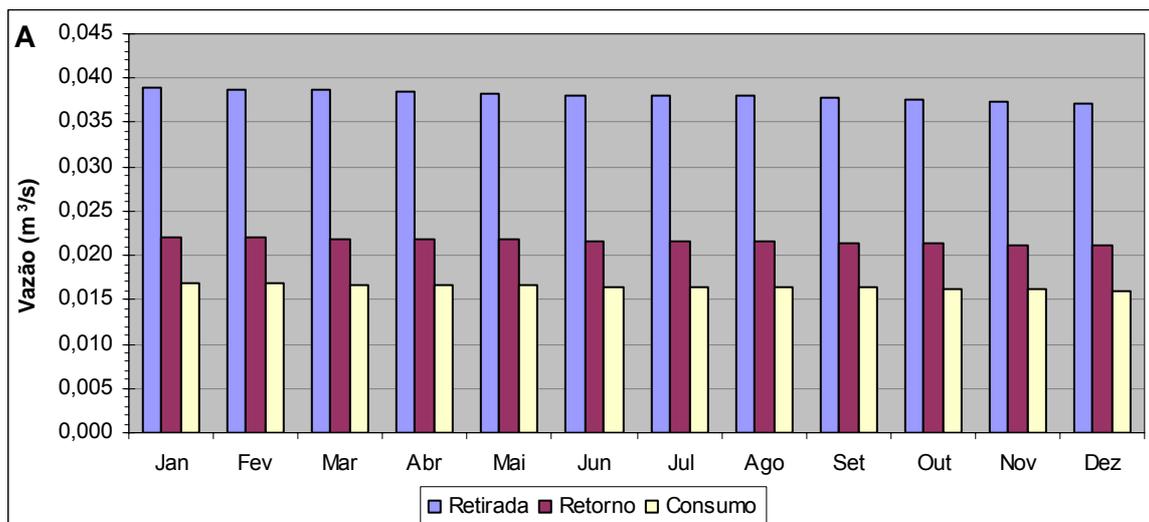


Figura 20. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Monte Claro, na Bacia do Rio Antas, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.3. Bacia do Rio Araguari



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02

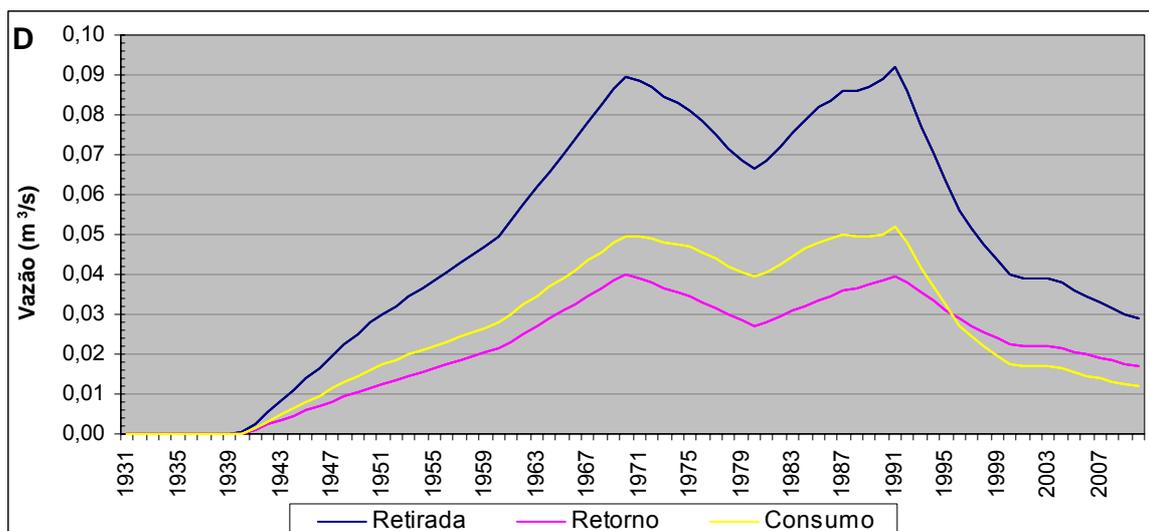
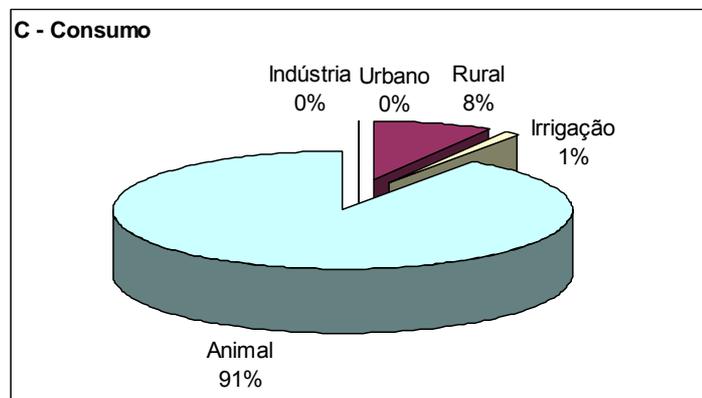
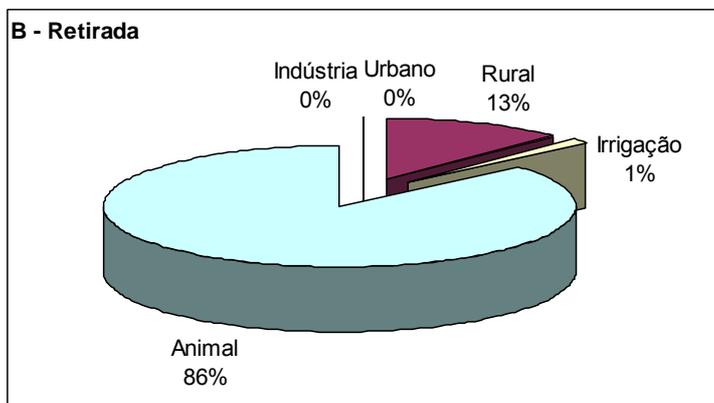
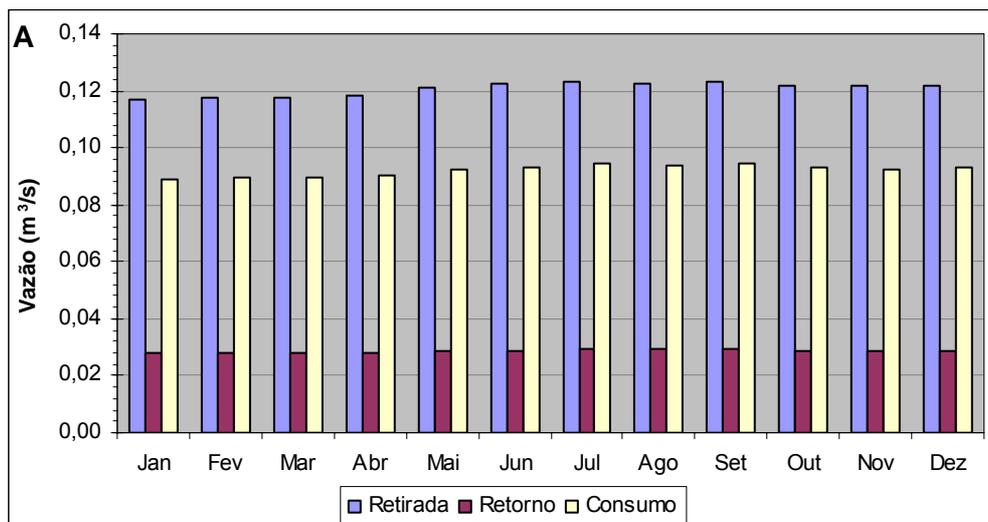


Figura 21. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Coaracy Nunes, na Bacia do Rio Araguari, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.4. Bacia do Rio Aripuanã



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	0,00	0,02	0,00	0,10	0,00	0,12
Retorno (m³.s⁻¹)	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,03

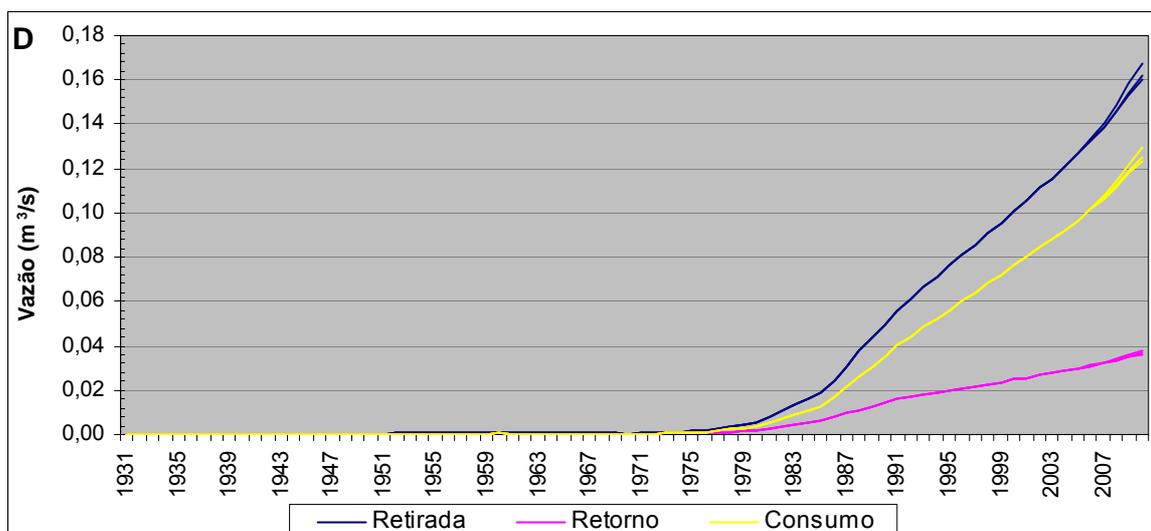
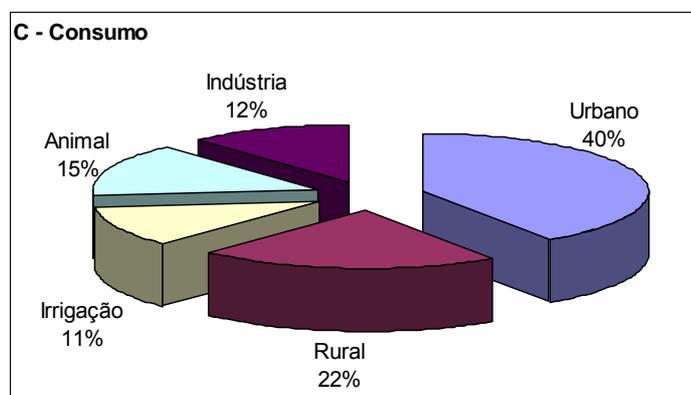
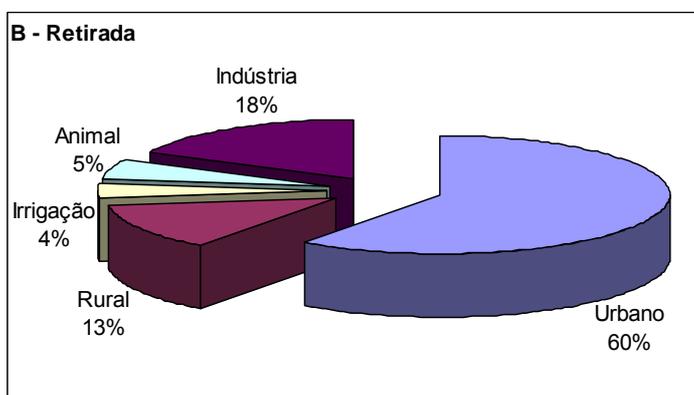
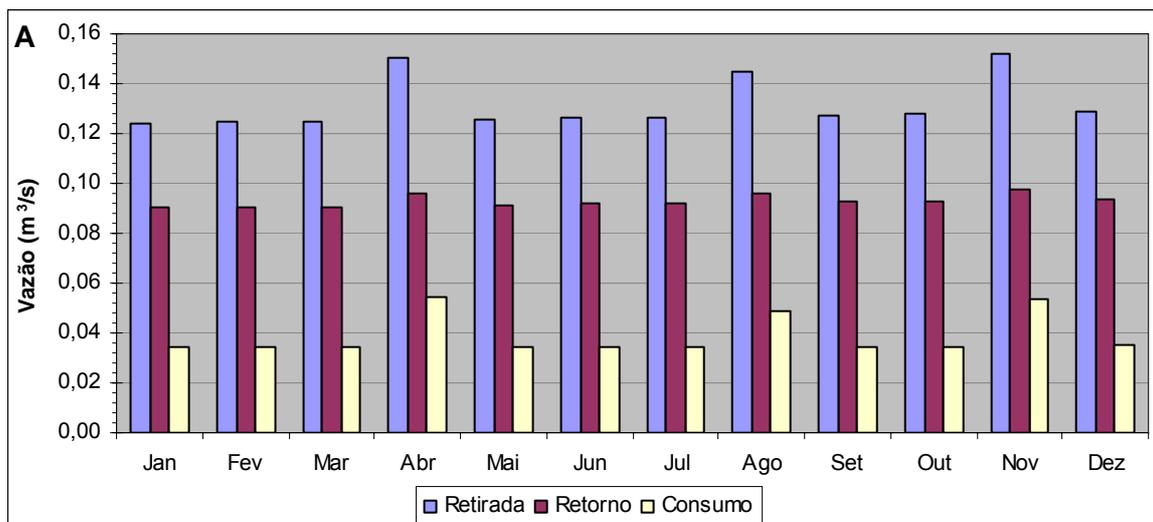


Figura 22. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Dardanelos, na Bacia do Rio Aripuanã, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.5. Bacia do Rio Capivari



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m ³ .s ⁻¹)	0,08	0,02	0,01	0,01	0,02	0,14
Retorno (m ³ .s ⁻¹)	0,06	0,01	0,00	0,00	0,02	0,09

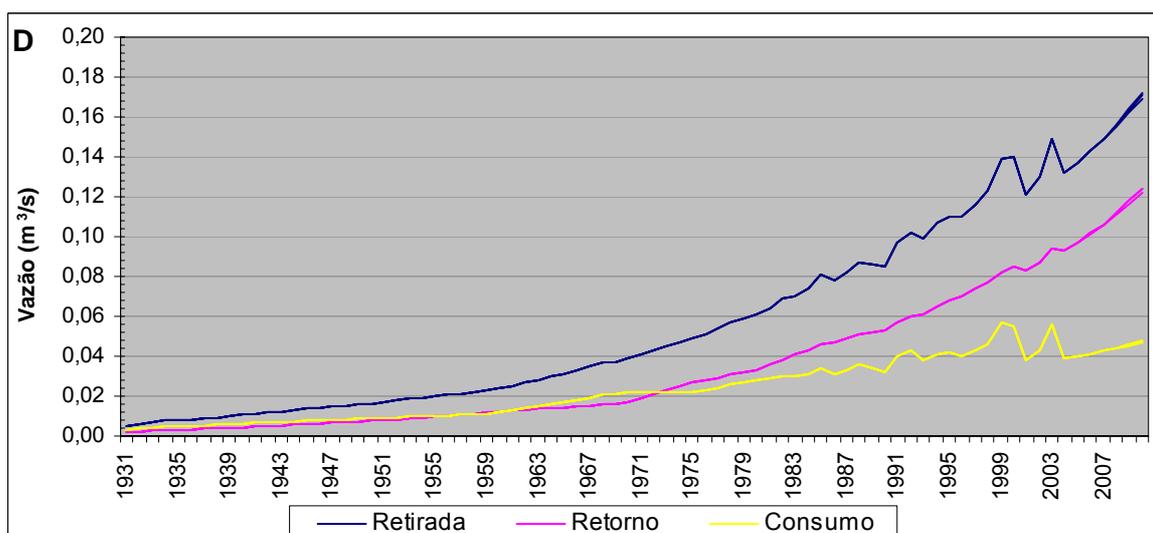
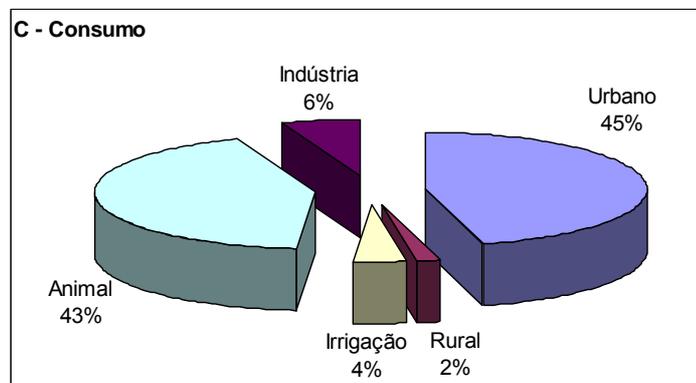
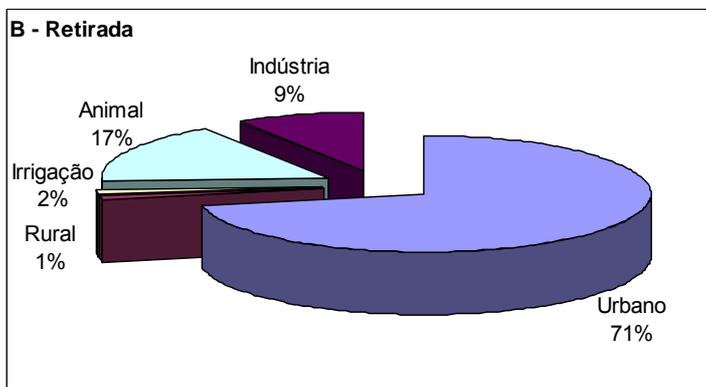
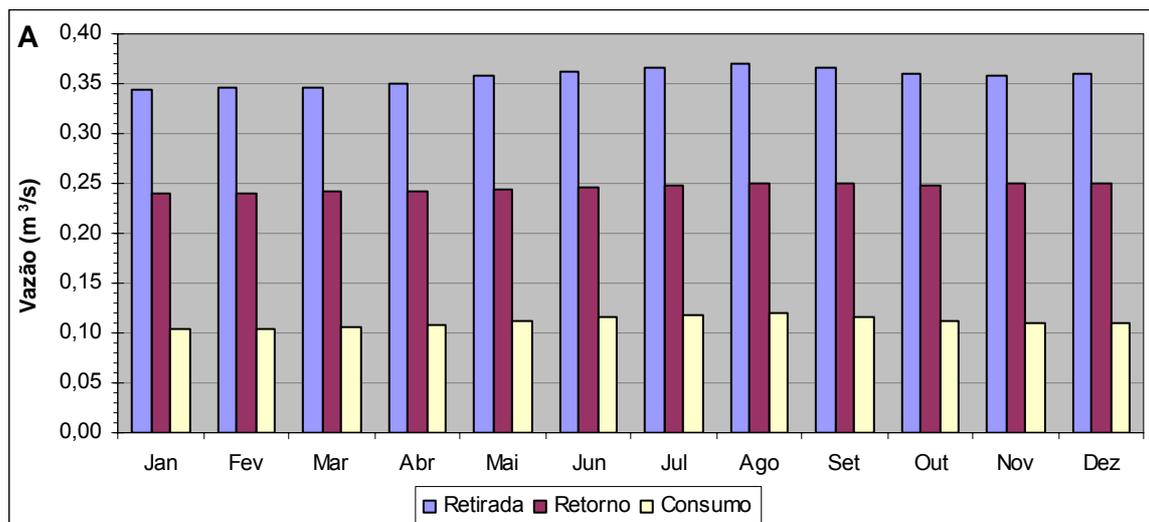


Figura 23: Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Gov. Parigot de Souza, na Bacia do Rio Capivari, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.6. Bacia do Rio Comemoração



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	0,26	0,00	0,01	0,06	0,03	0,36
Retorno (m³.s⁻¹)	0,21	0,00	0,00	0,01	0,03	0,25

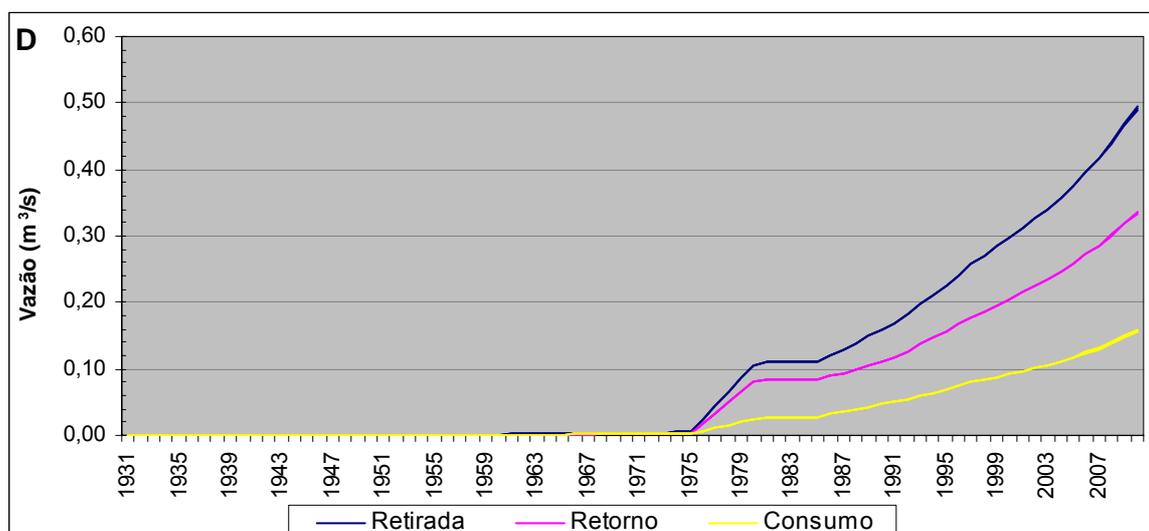
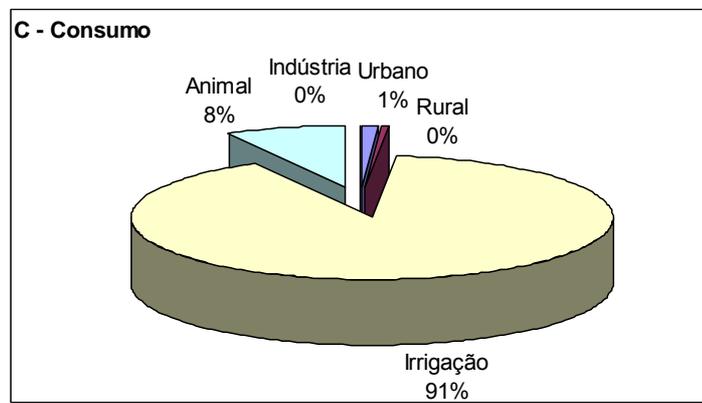
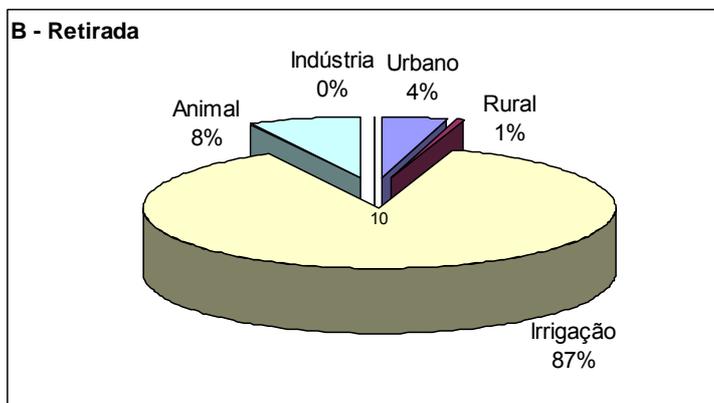
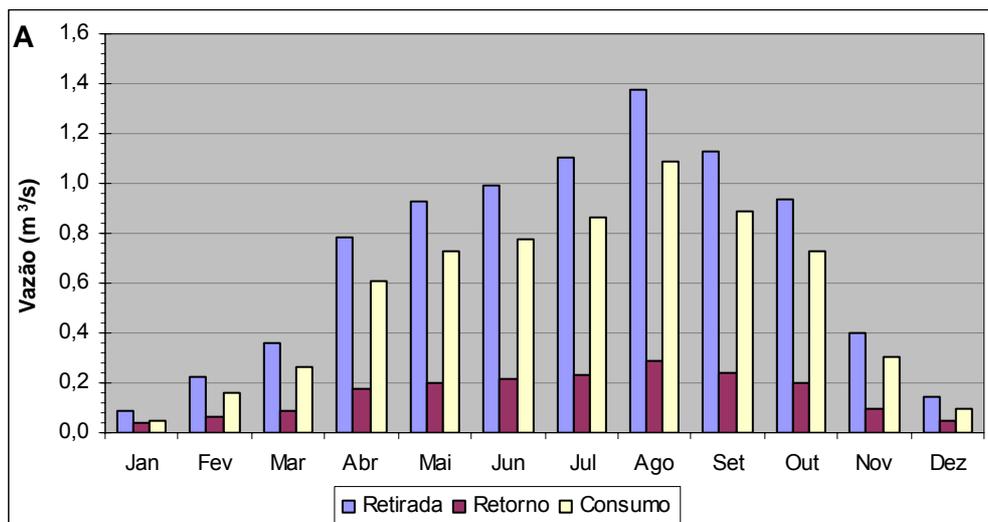


Figura 24. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Rondon II, na Bacia do Rio Comemoração, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.7. Bacia do Rio Correntes



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,03	0,00	0,61	0,05	0,00	0,69
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,03	0,00	0,12	0,01	0,00	0,16

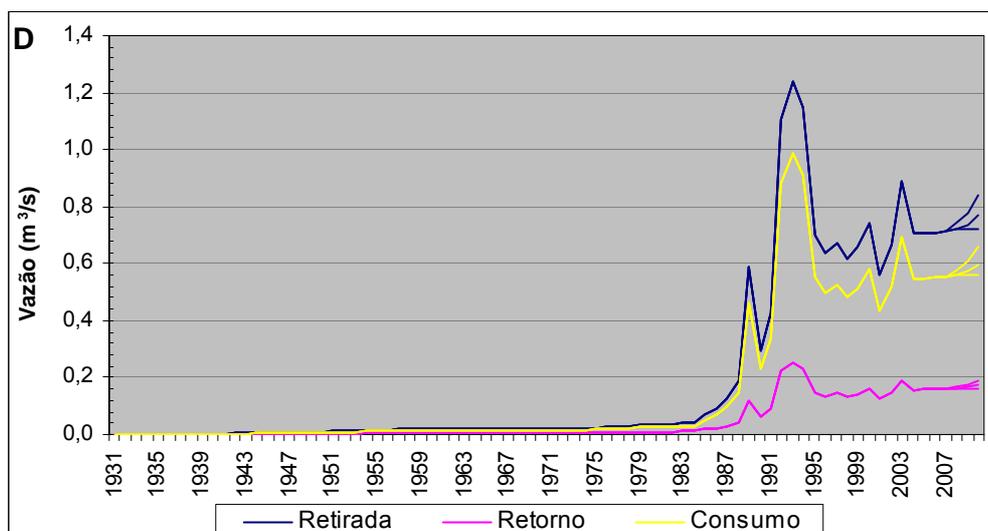
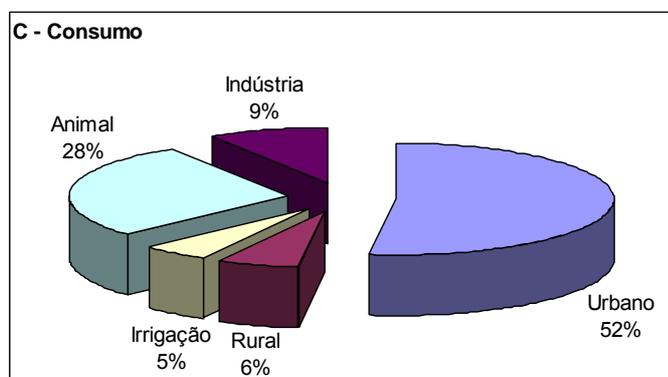
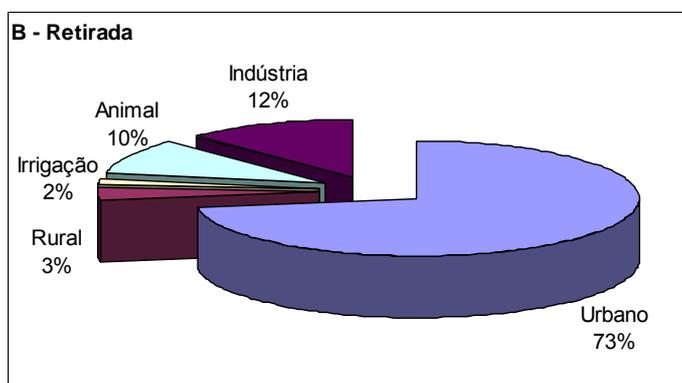
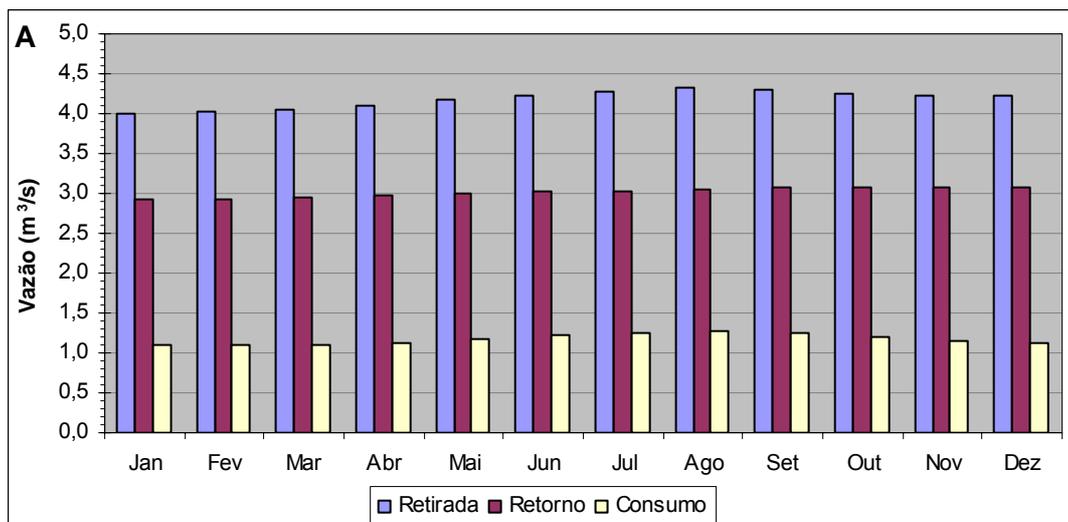


Figura 25. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Ponte de Pedra, na Bacia do Rio Correntes, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	3,04	0,14	0,07	0,41	0,52	4,18
Retorno (m³.s⁻¹)	2,43	0,07	0,01	0,08	0,42	3,01

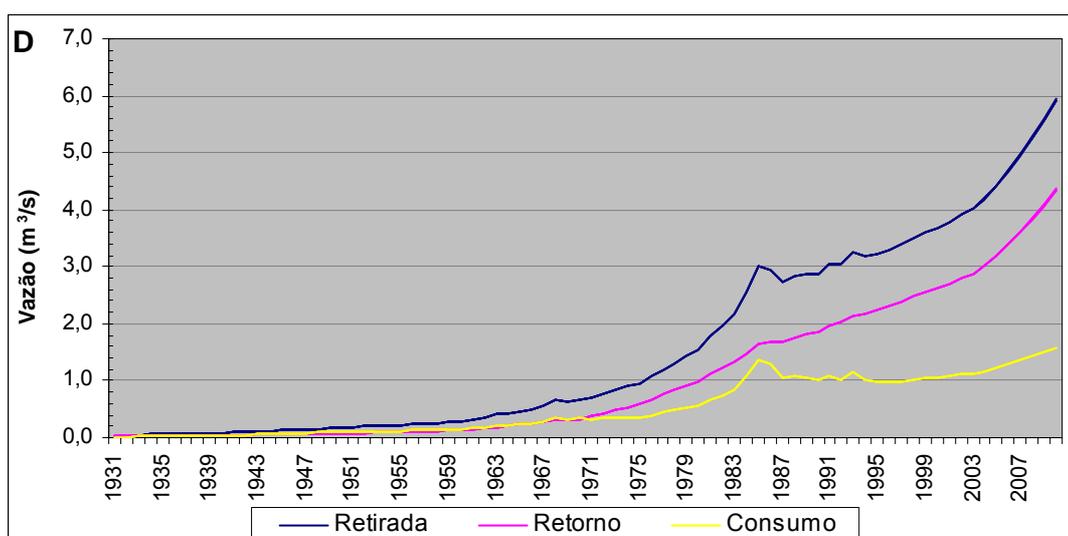
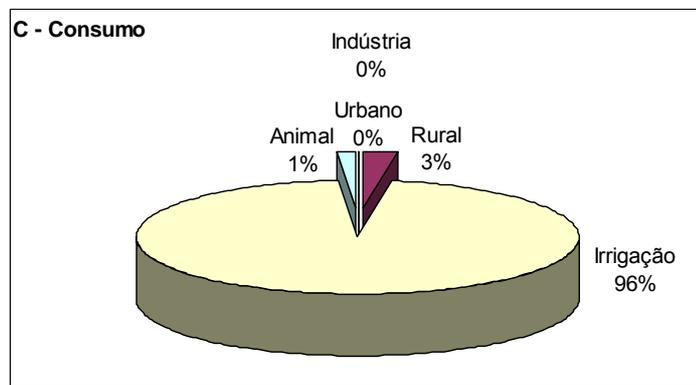
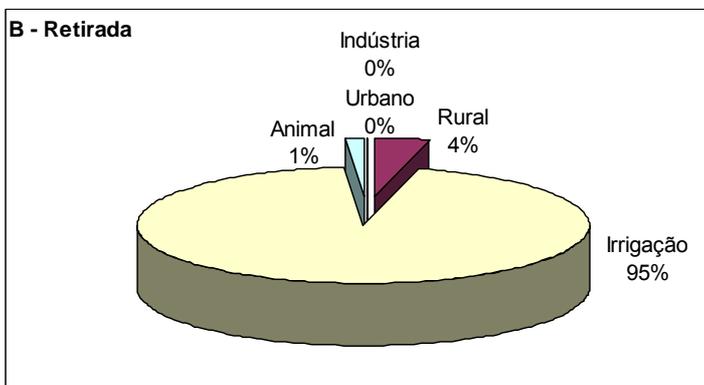
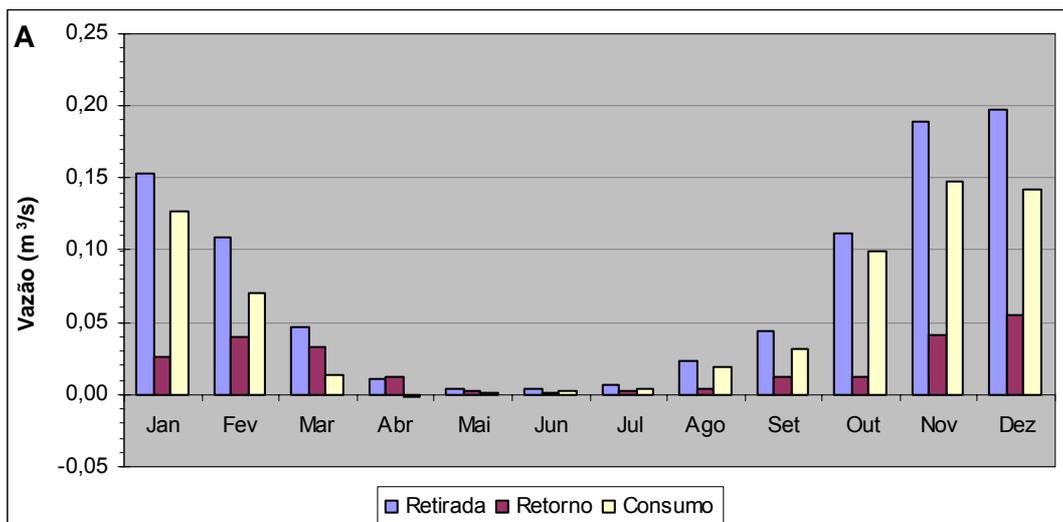


Figura 26. Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Correntes, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.8. Bacia do Rio Cubatão



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,07
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02

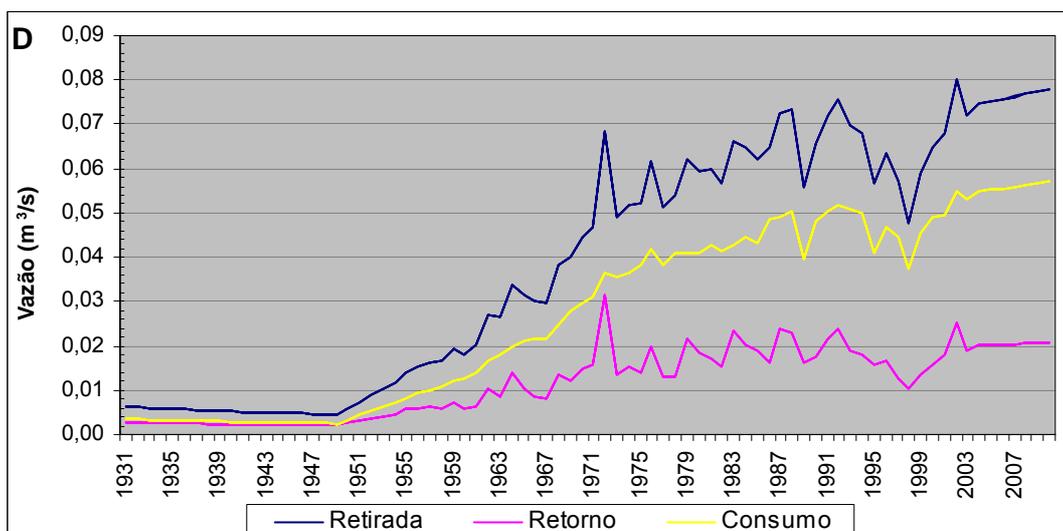
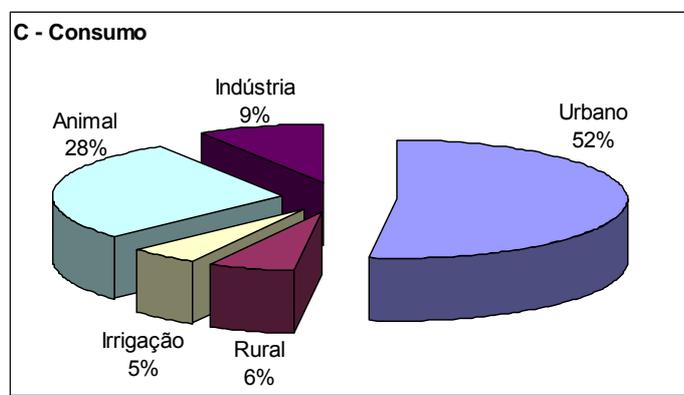
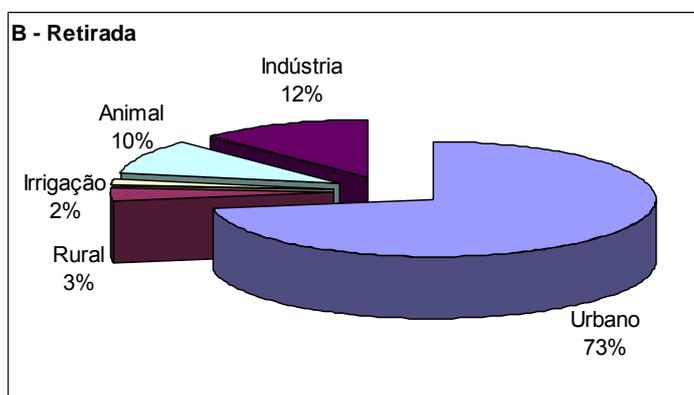
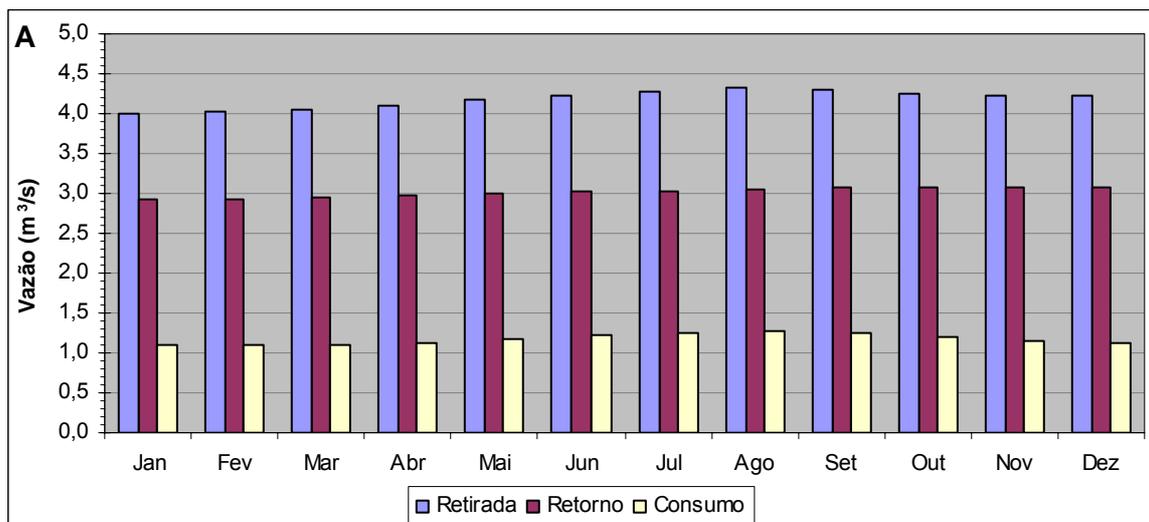


Figura 27. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Cubatão, na Bacia do Rio Cubatão, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.9. Bacia do Rio Cuiabá



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3.s^{-1}$)	3,04	0,14	0,07	0,41	0,52	4,18
Retorno ($m^3.s^{-1}$)	2,43	0,07	0,01	0,08	0,42	3,01

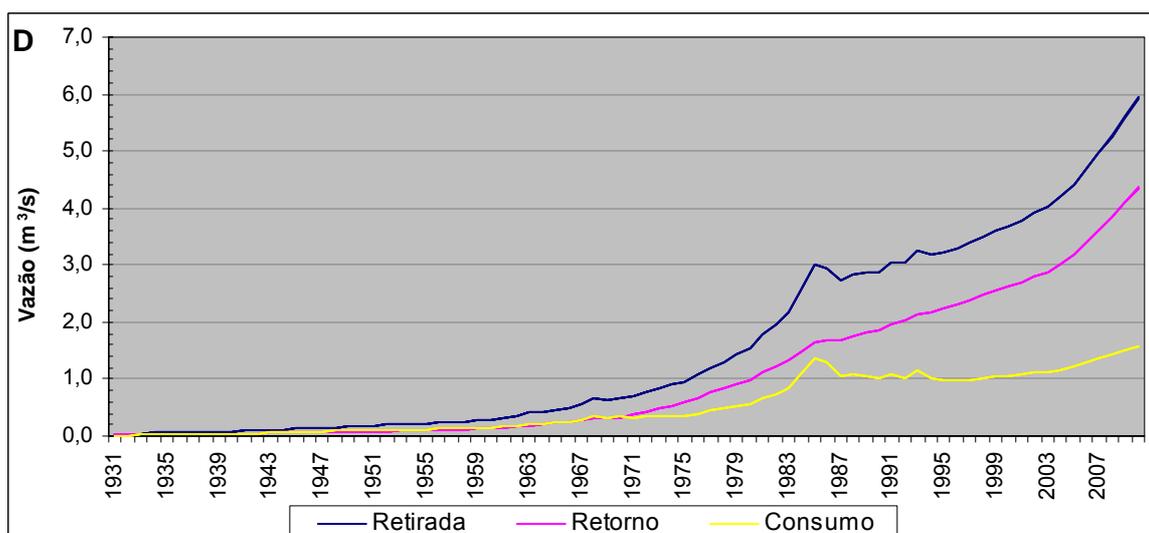
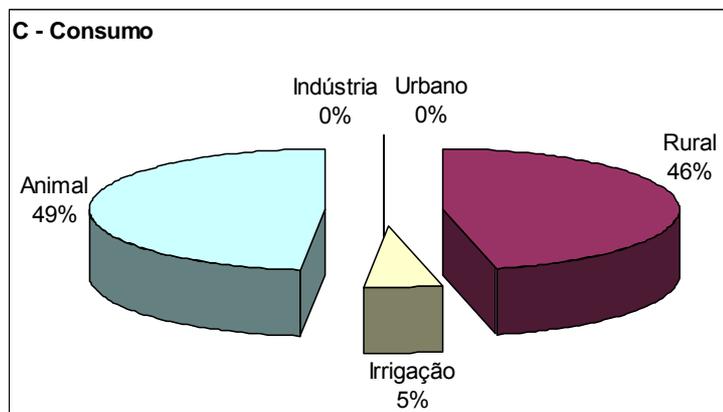
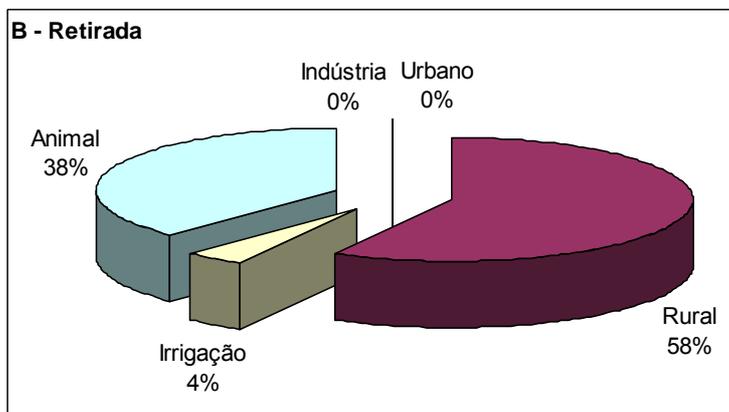
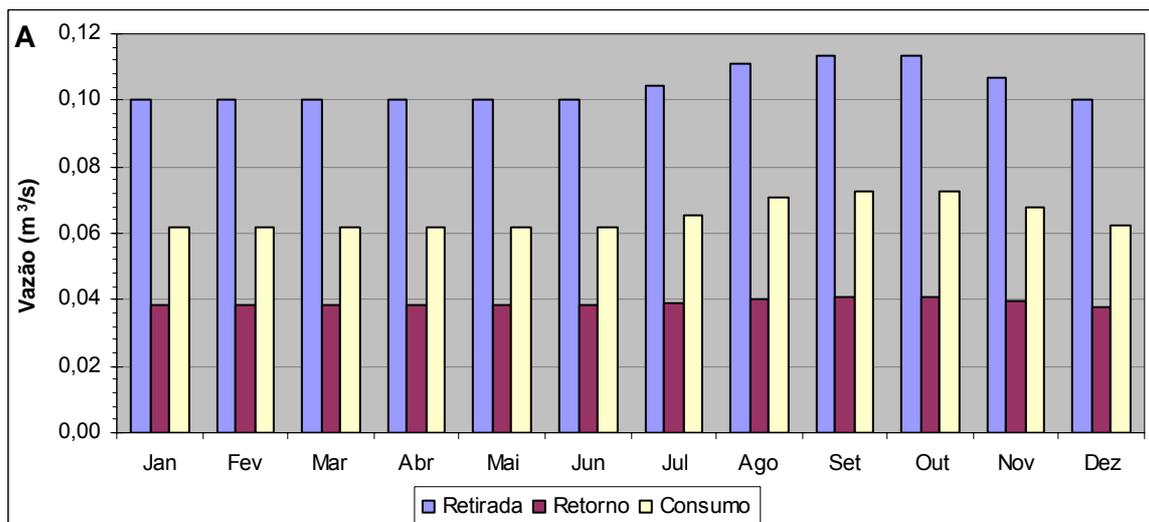


Figura 28. Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Manso, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.10. Bacia do Rio Curuá-Una



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,10
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,04

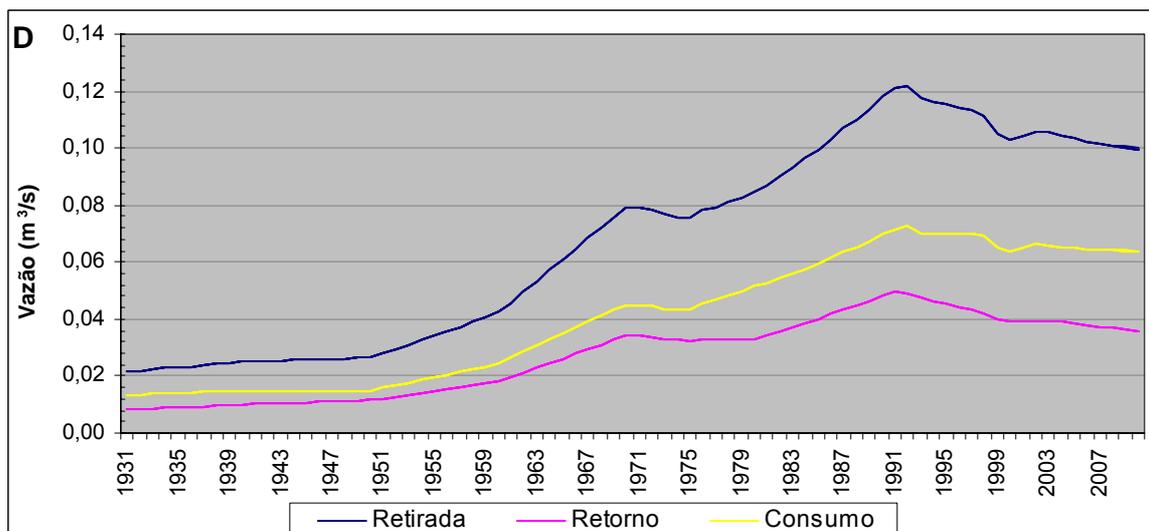
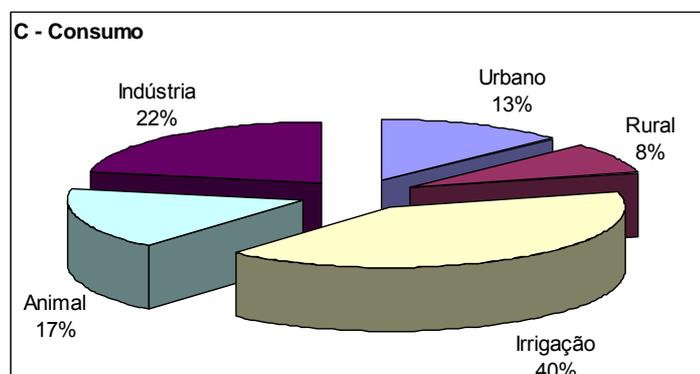
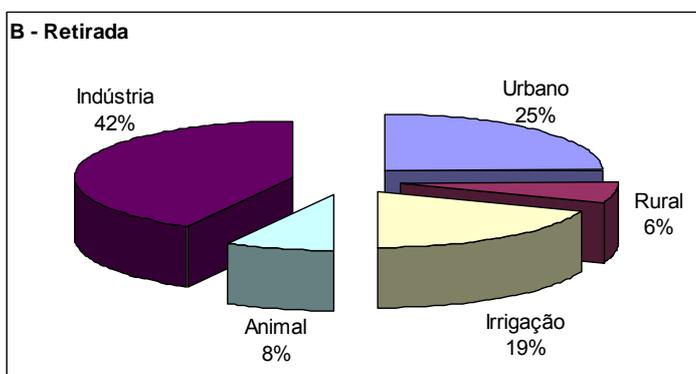
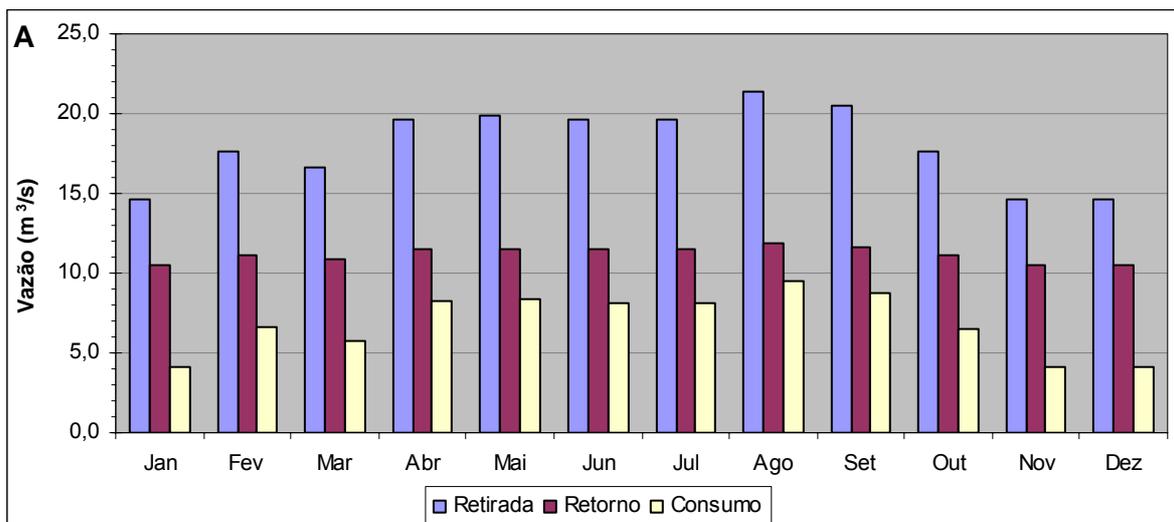


Figura 29. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Curuá-Una, na Bacia do Rio Curuá-Una, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.11. Bacia do Rio Doce



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	4,46	1,11	3,45	1,43	7,57	18,03
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	3,57	0,56	0,69	0,29	6,07	11,17

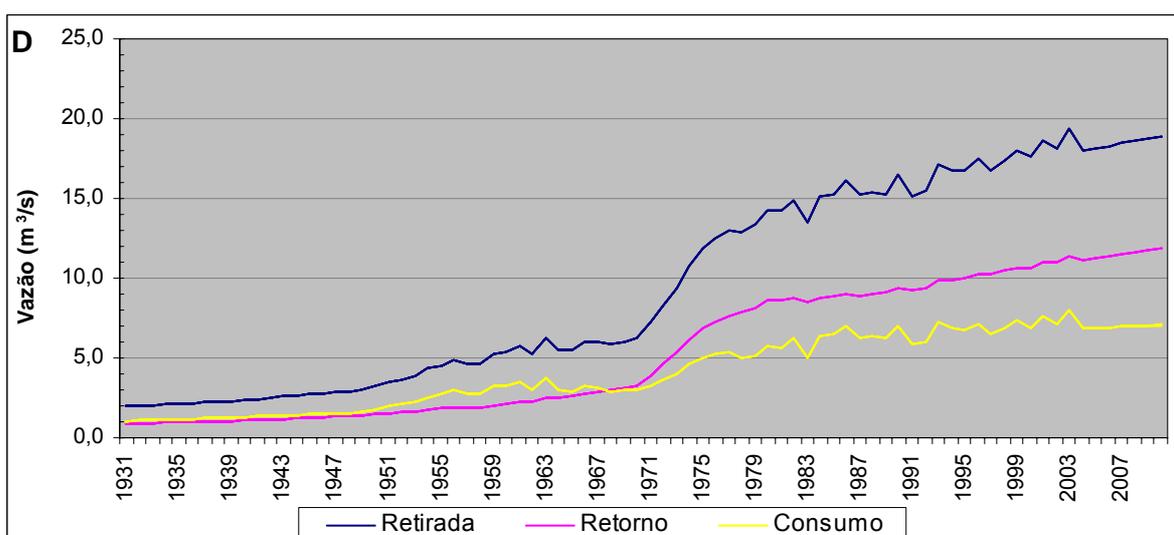
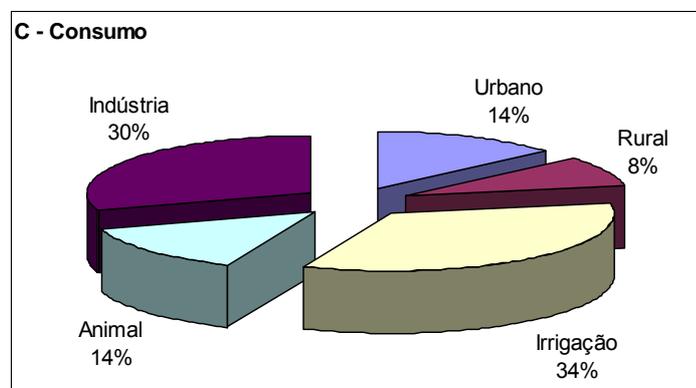
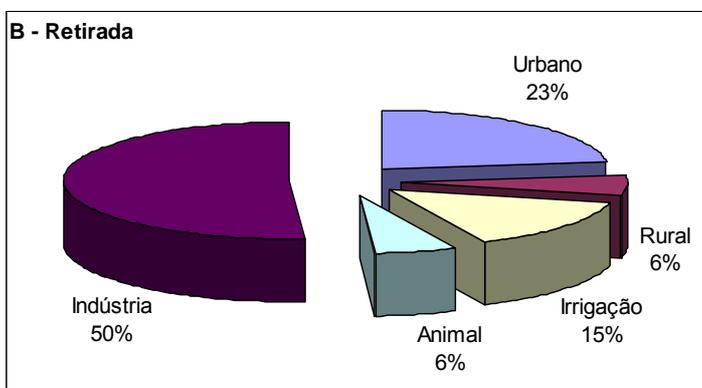
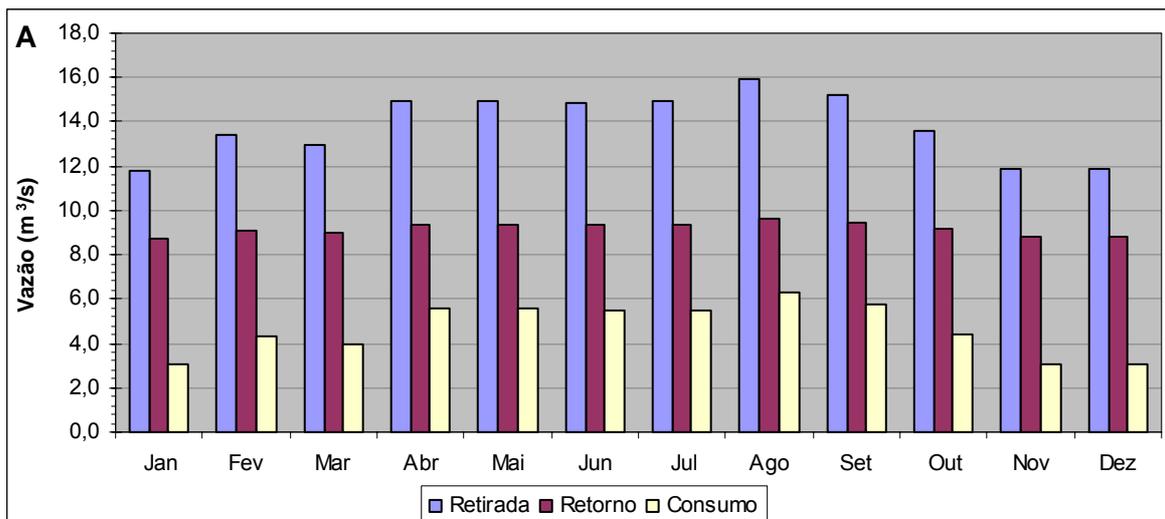


Figura 30. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Aimorés, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	3,18	0,78	2,02	0,79	7,09	13,86
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	2,55	0,39	0,40	0,16	5,69	9,18

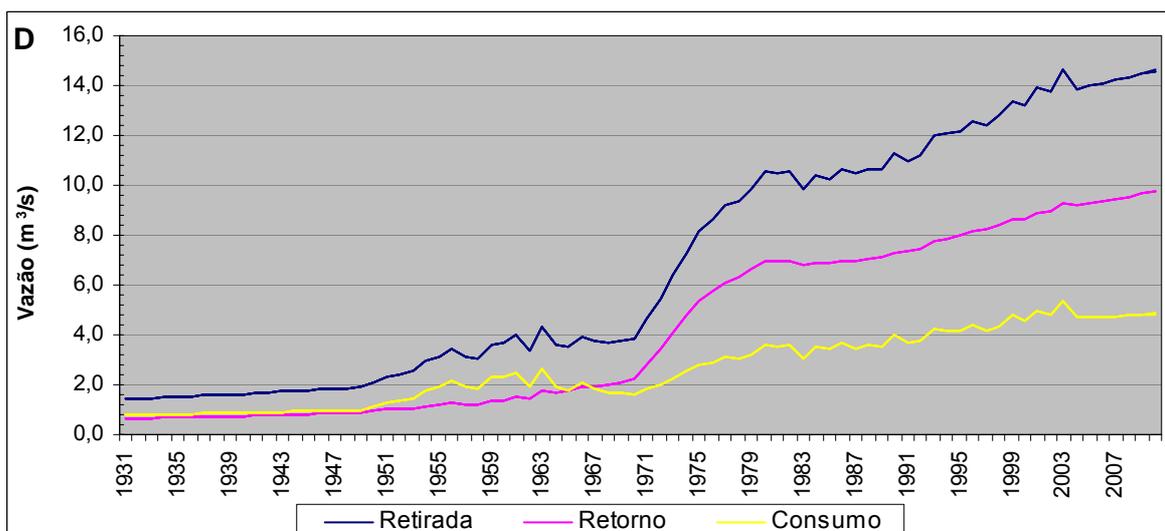
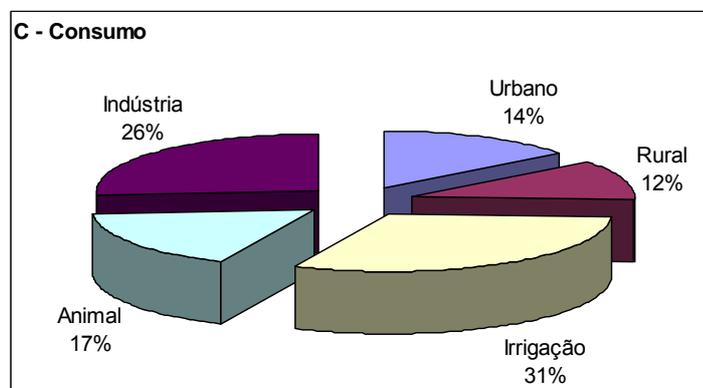
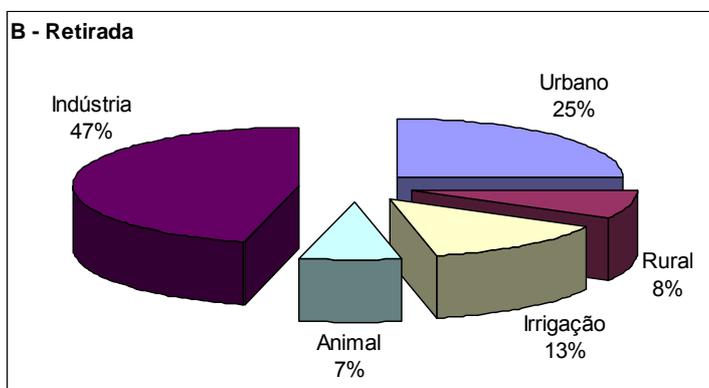
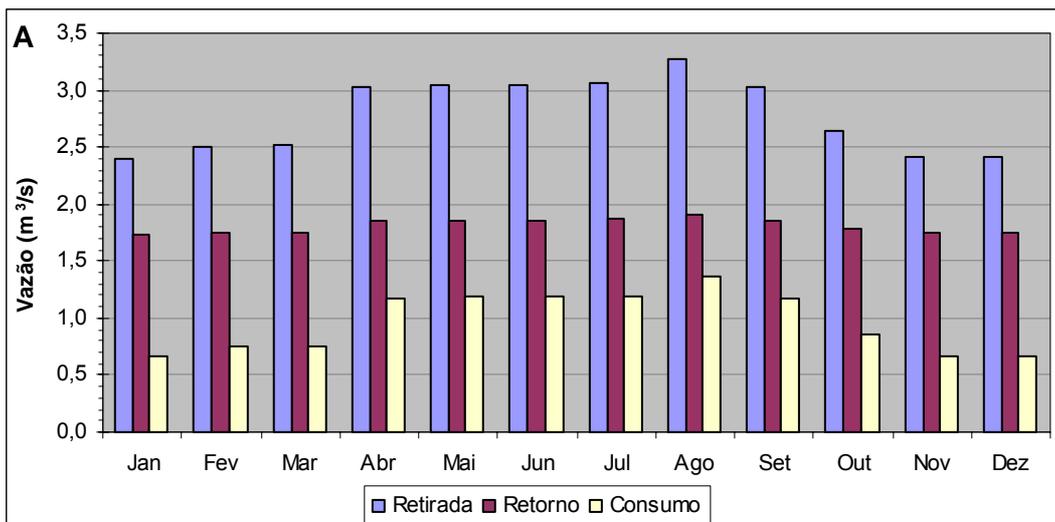


Figura 31. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Baguari, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,69	0,23	0,37	0,21	1,28	2,78
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,56	0,11	0,07	0,04	1,03	1,81

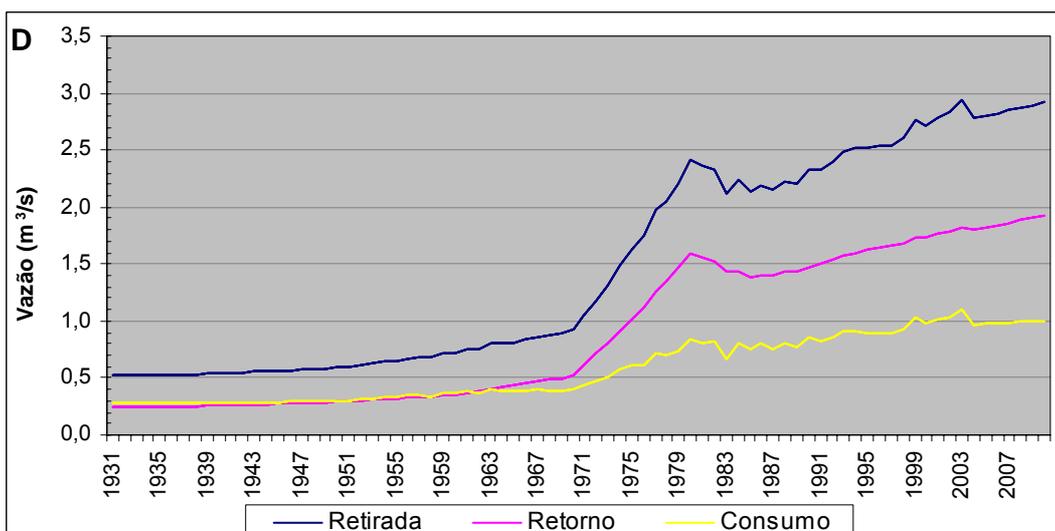
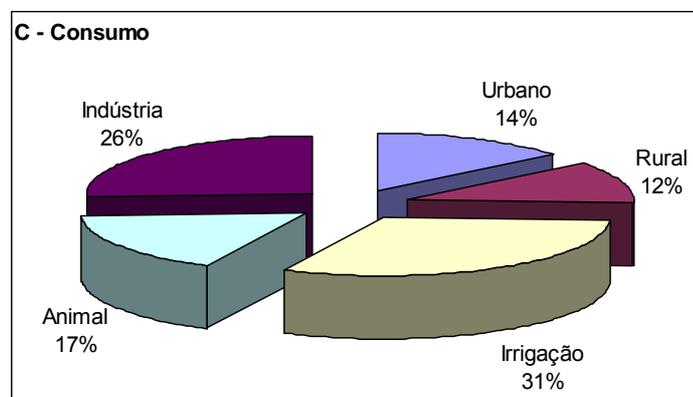
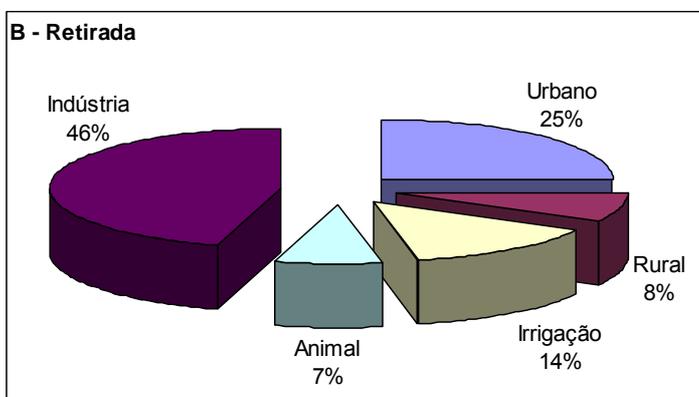
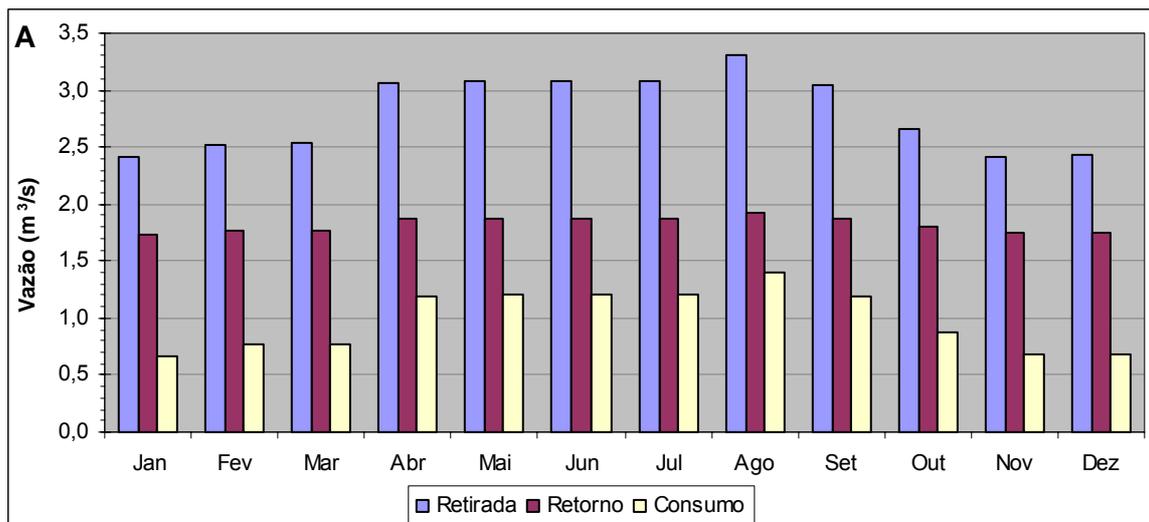


Figura 32. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Baú I, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m ³ .s ⁻¹)	0,70	0,23	0,39	0,21	1,28	2,80
Retorno (m ³ .s ⁻¹)	0,56	0,11	0,08	0,04	1,03	1,82

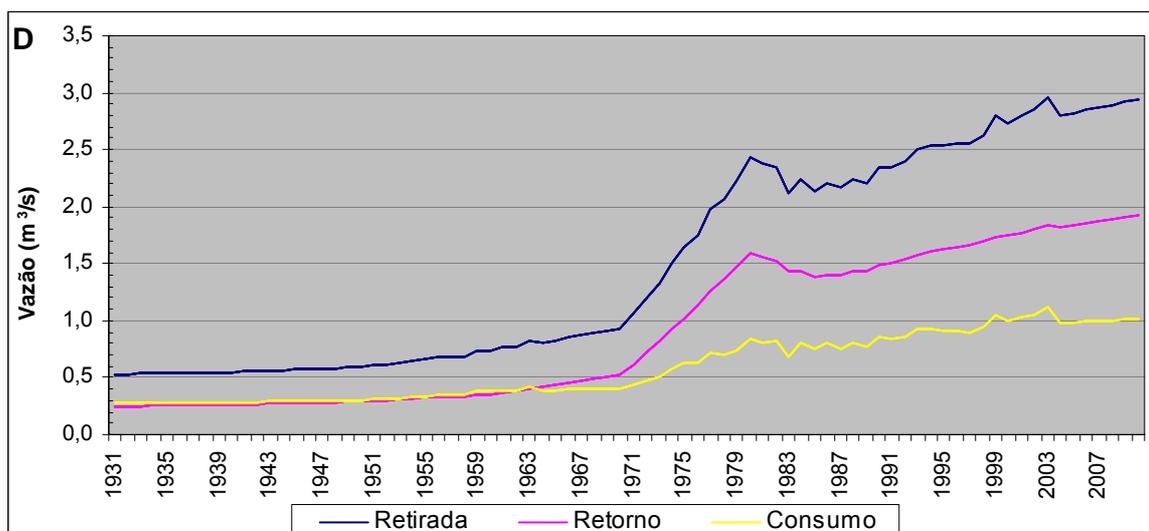
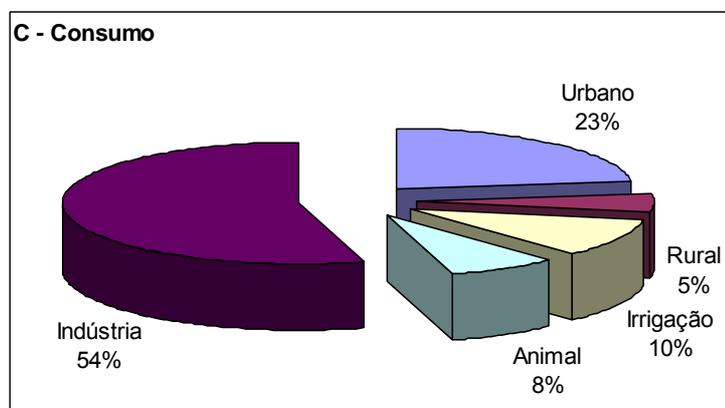
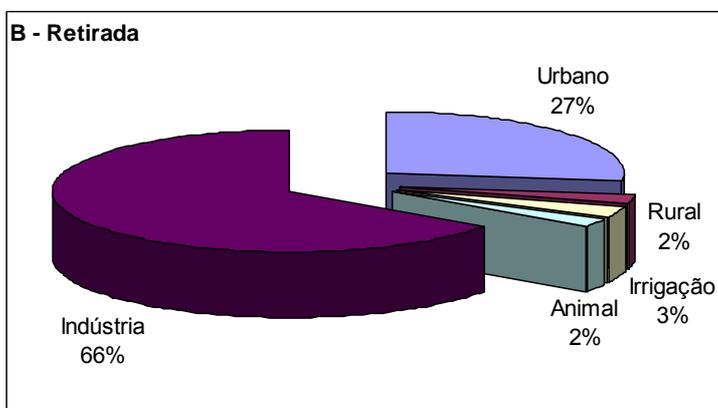
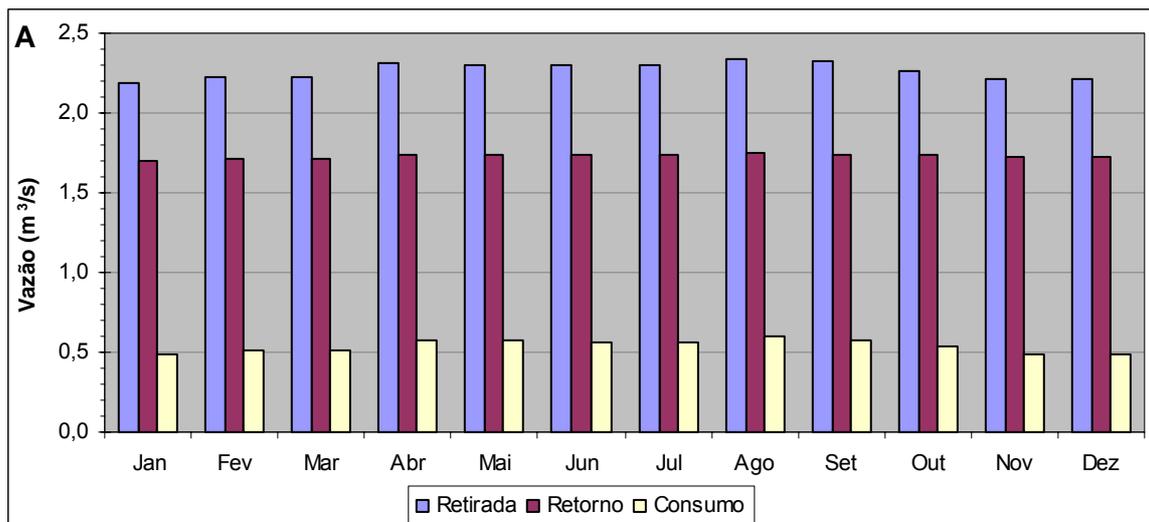


Figura 33. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Candonga, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	0,61	0,05	0,07	0,05	1,48	2,27
Retorno (m³.s⁻¹)	0,49	0,03	0,01	0,01	1,19	1,73

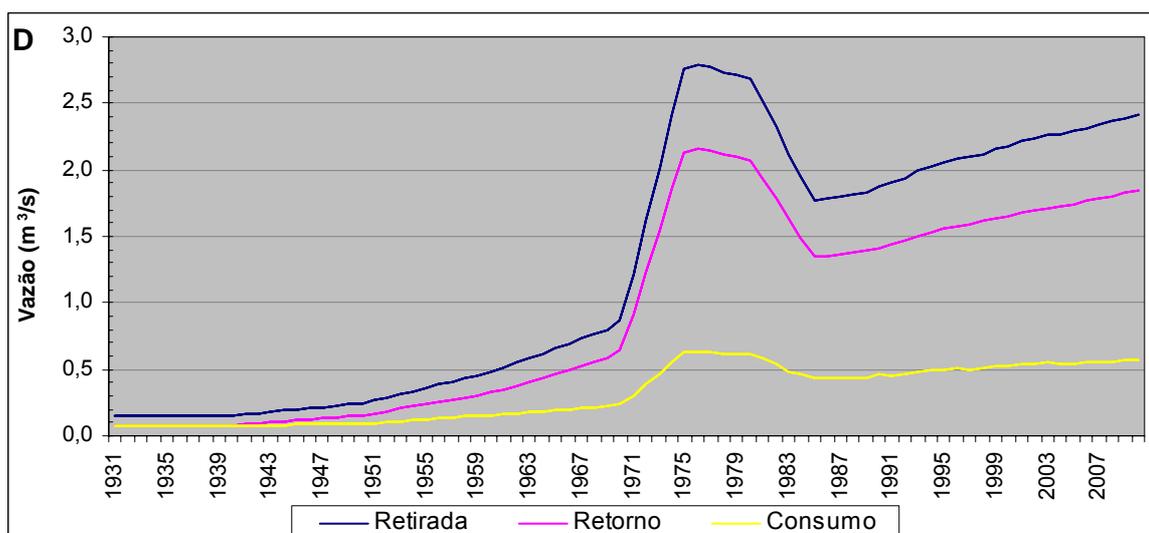
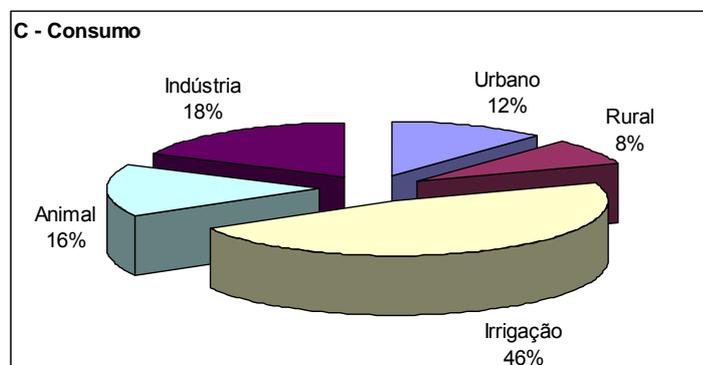
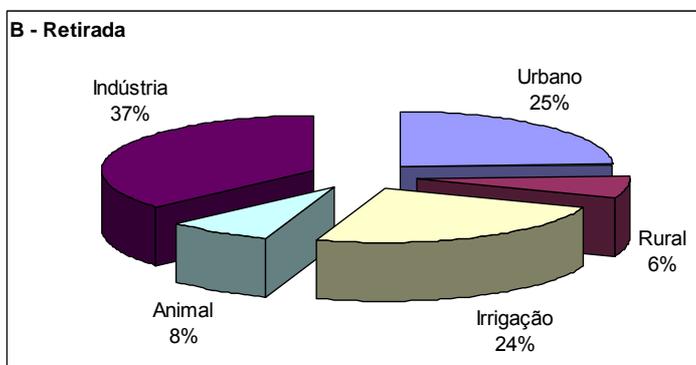
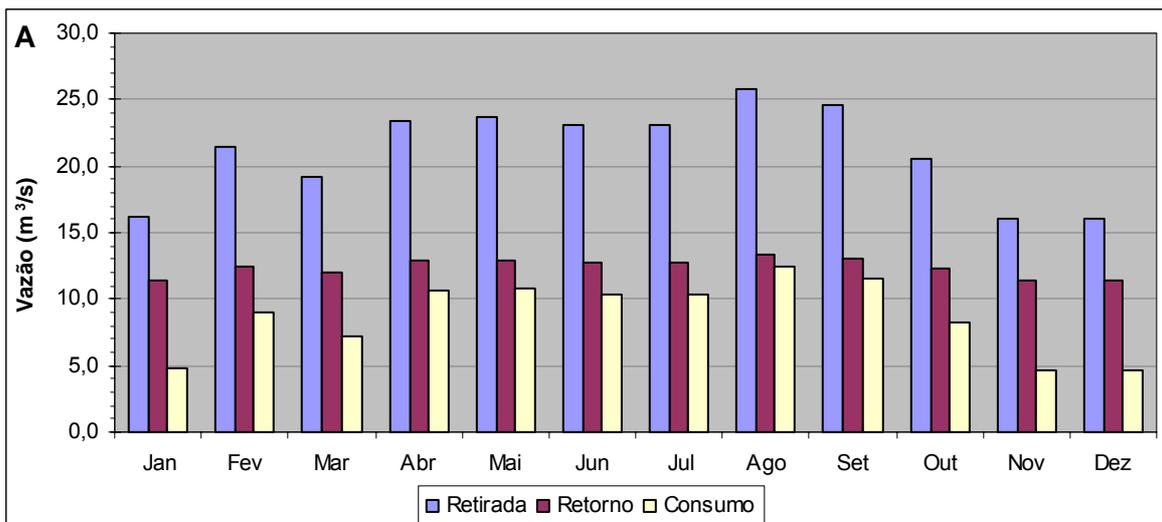


Figura 34. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Guilman Amorim, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	5,17	1,36	5,12	1,69	7,76	21,09
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	4,14	0,68	1,03	0,34	6,22	12,40

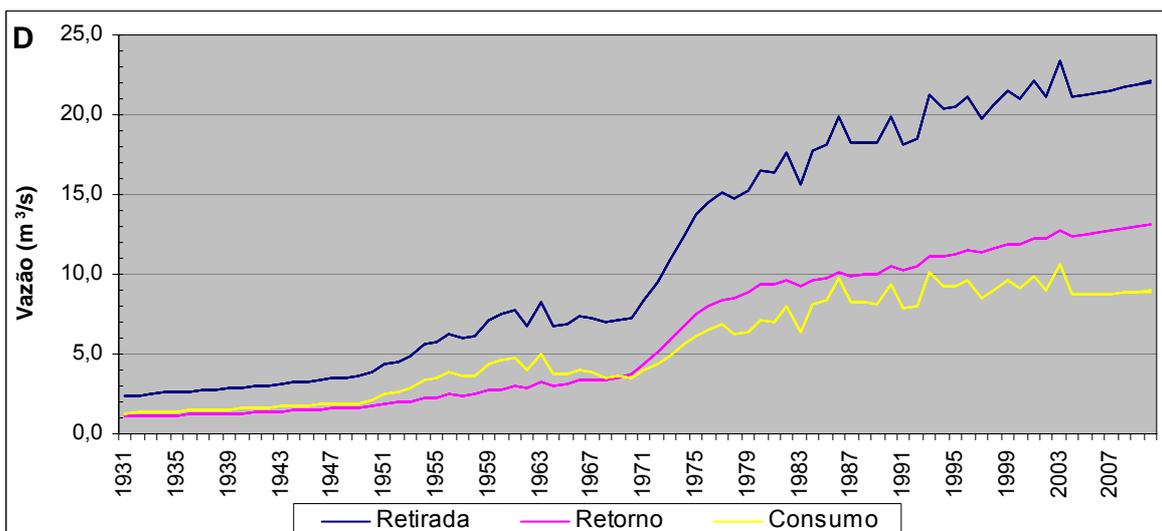
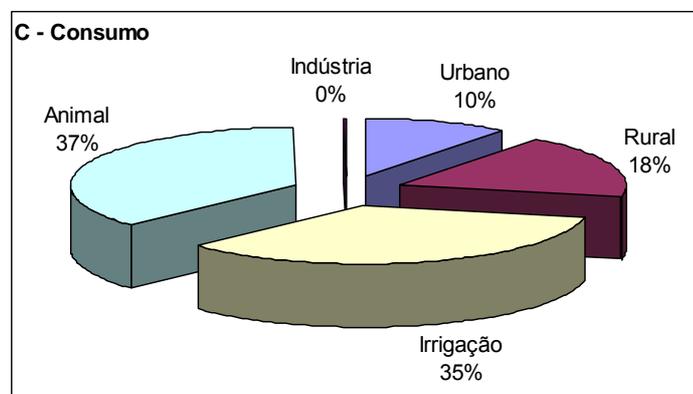
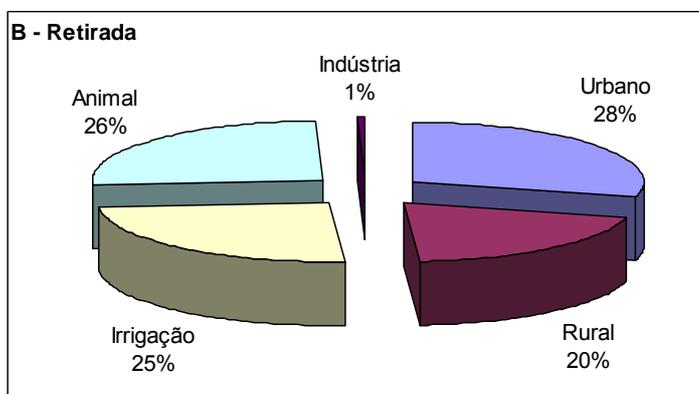
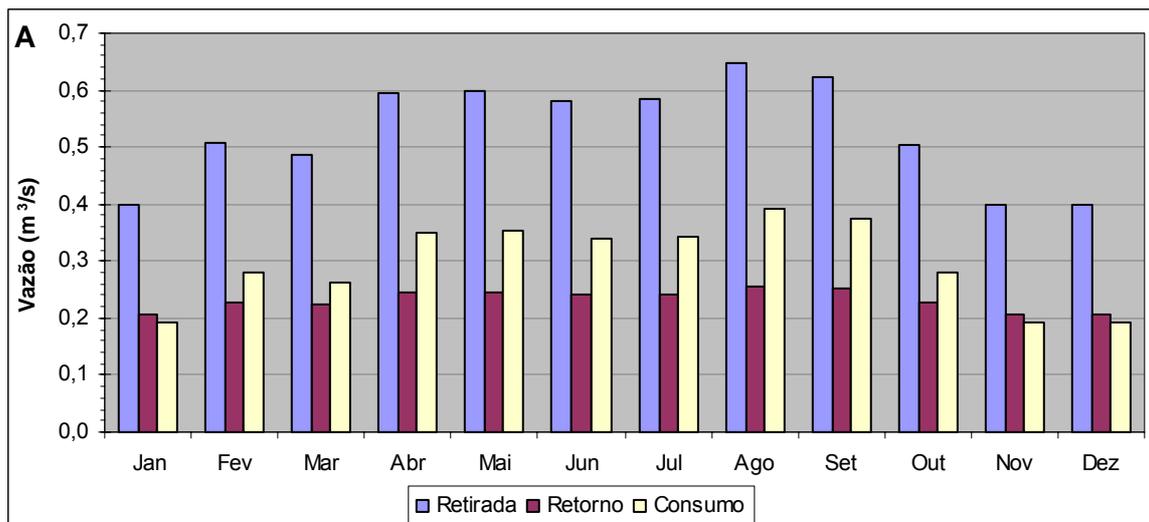


Figura 35. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Mascarenhas, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,15	0,10	0,13	0,14	0,00	0,52
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,12	0,05	0,03	0,03	0,00	0,23

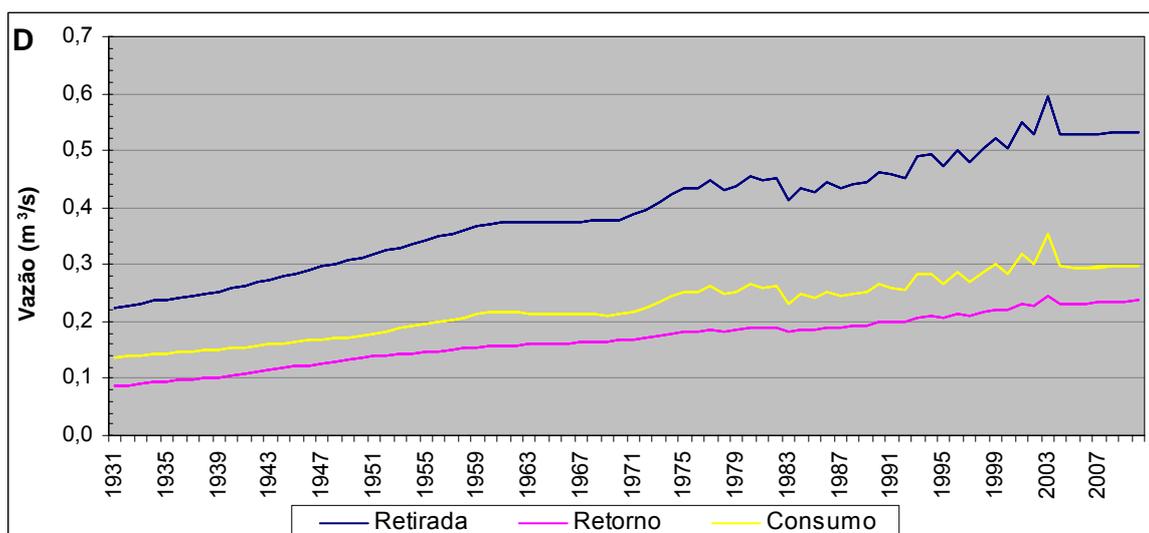
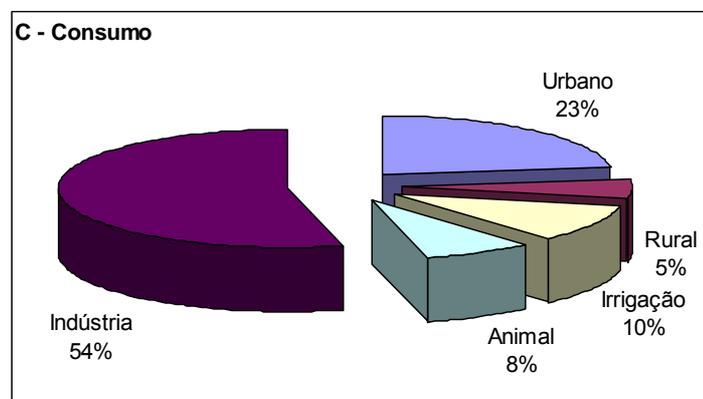
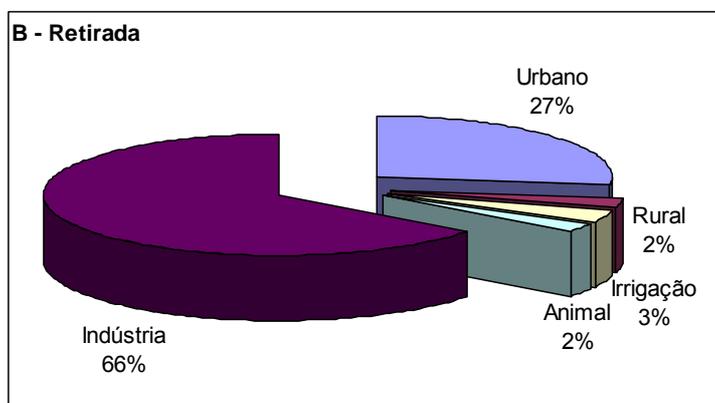
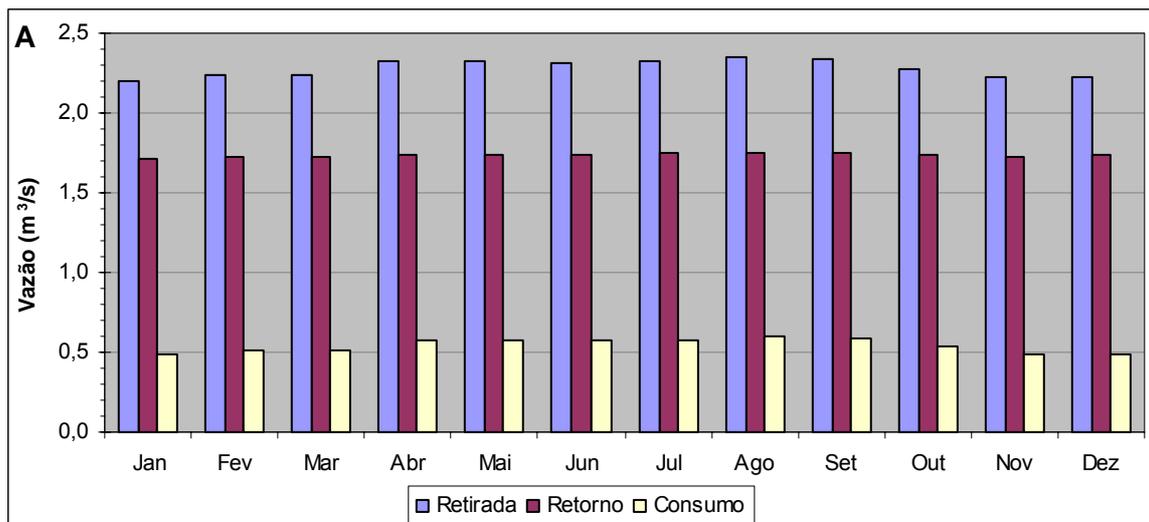


Figura 36. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Porto Estrela, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m ³ .s ⁻¹)	0,62	0,05	0,07	0,05	1,48	2,27
Retorno (m ³ .s ⁻¹)	0,50	0,03	0,01	0,01	1,19	1,74

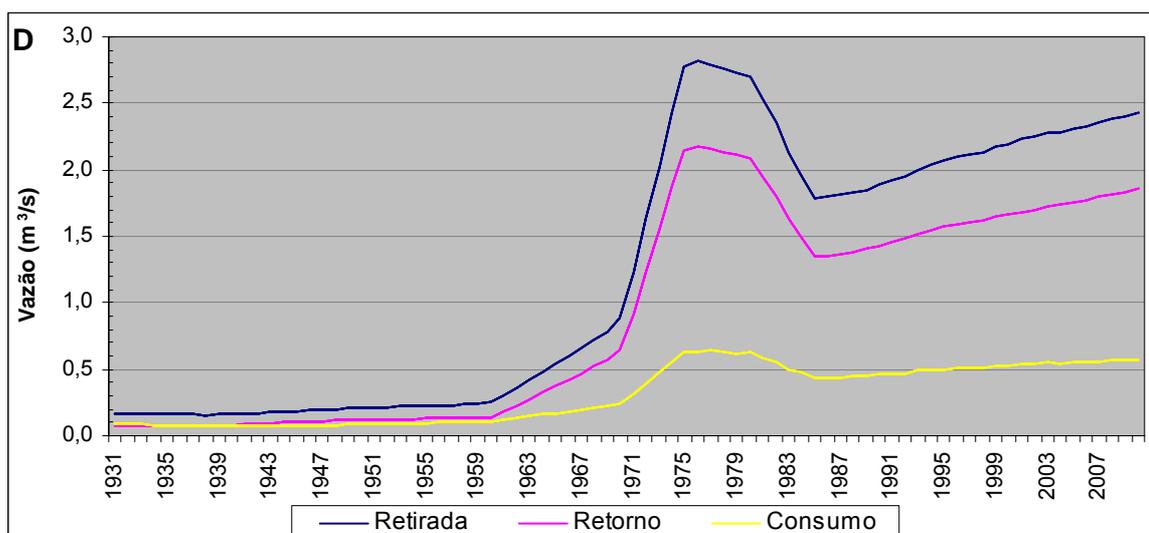
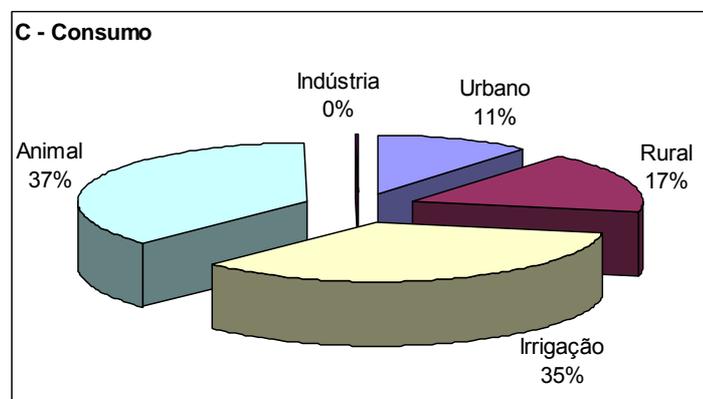
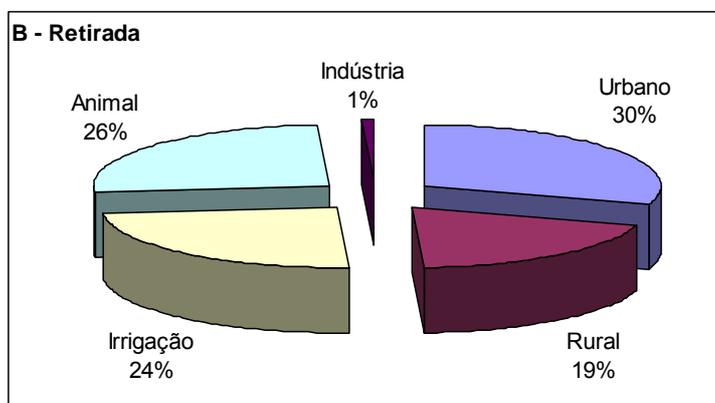
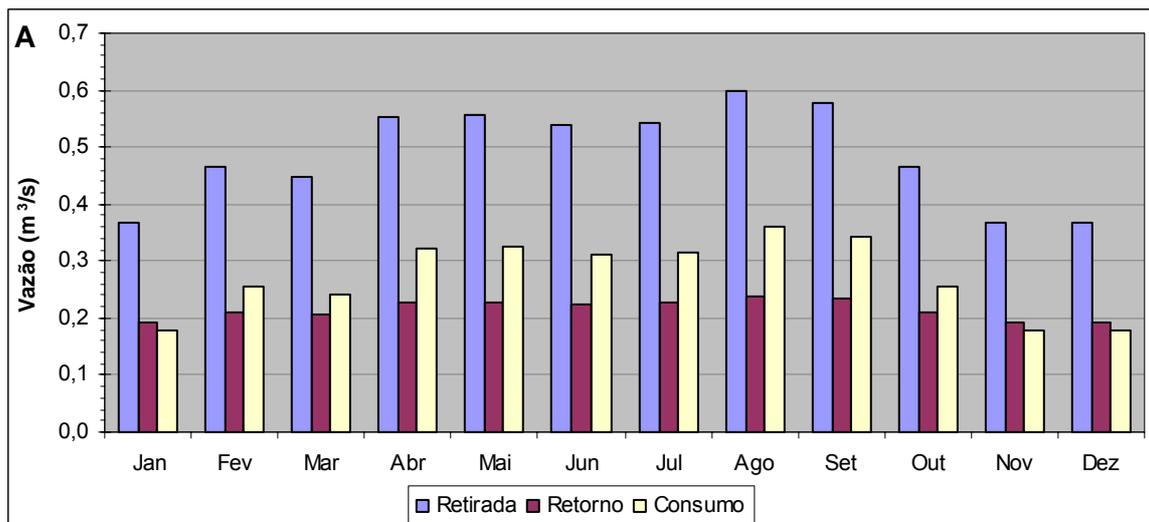


Figura 37. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Sá Carvalho, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,15	0,09	0,12	0,13	0,00	0,49
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,12	0,05	0,02	0,03	0,00	0,22

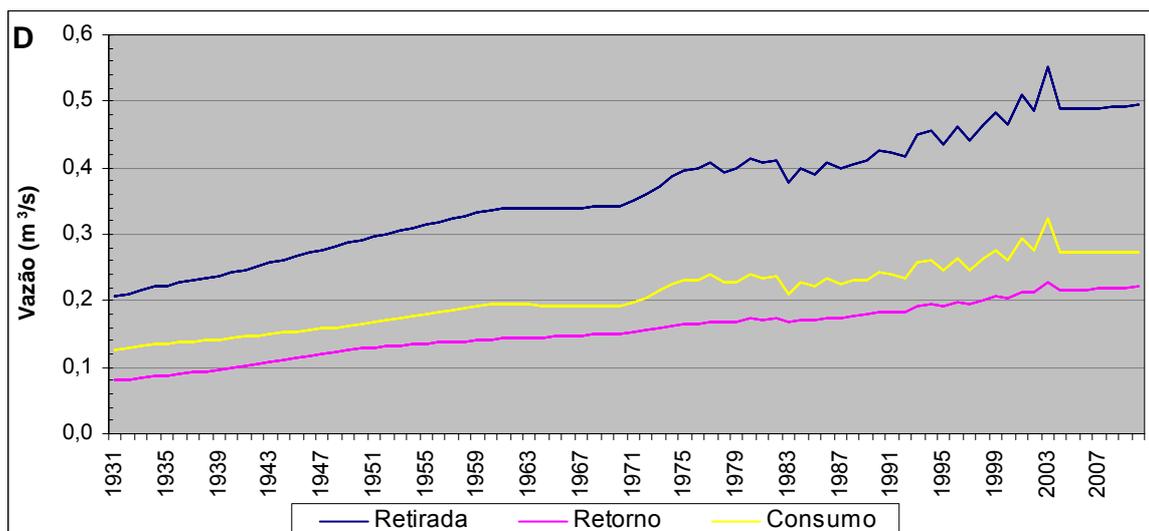
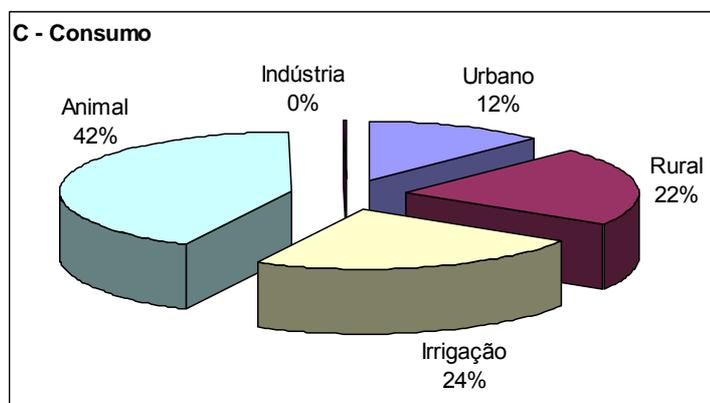
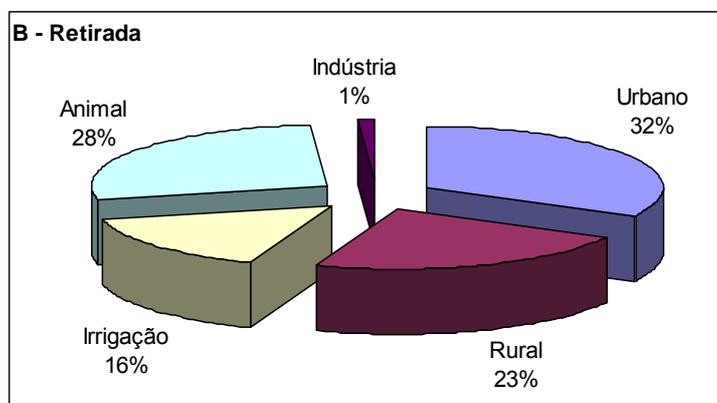
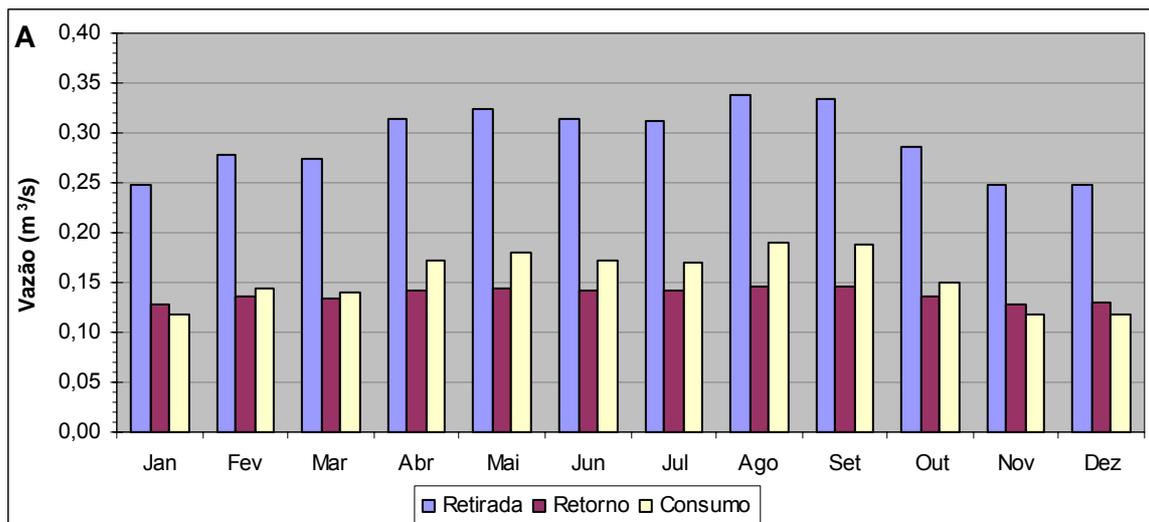


Figura 38. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Salto Grande, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,10	0,07	0,05	0,08	0,00	0,29
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,08	0,03	0,01	0,02	0,00	0,14

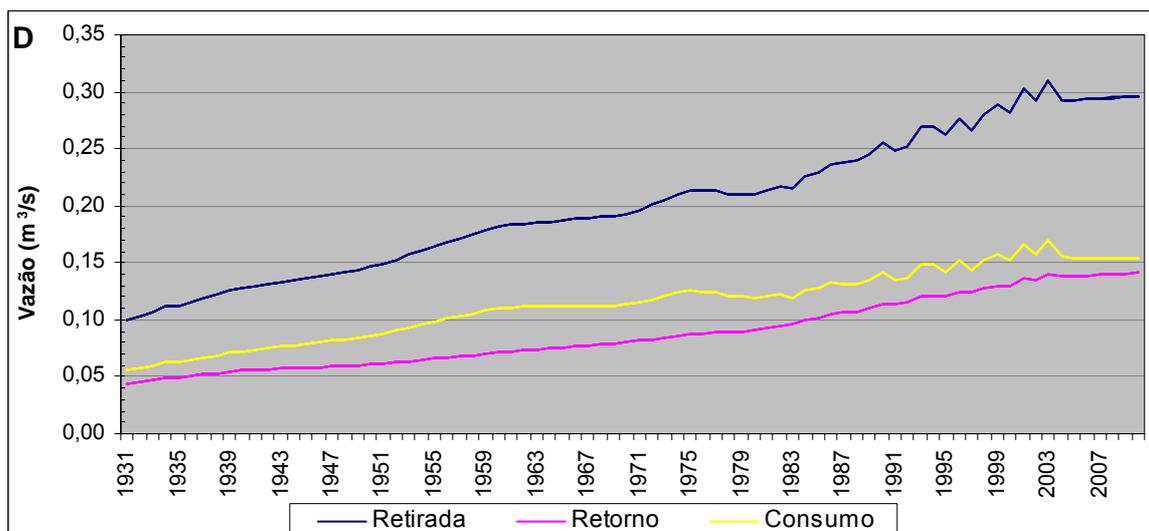
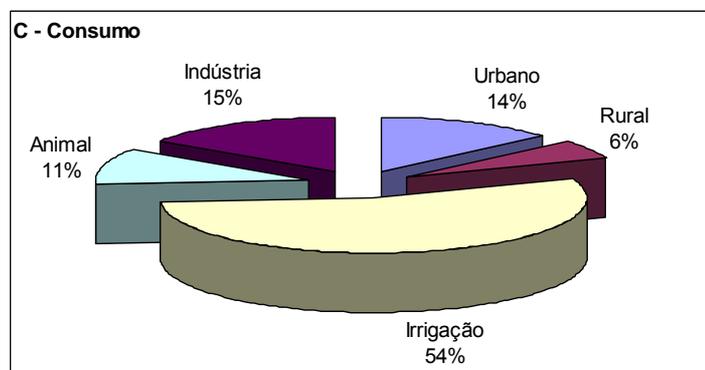
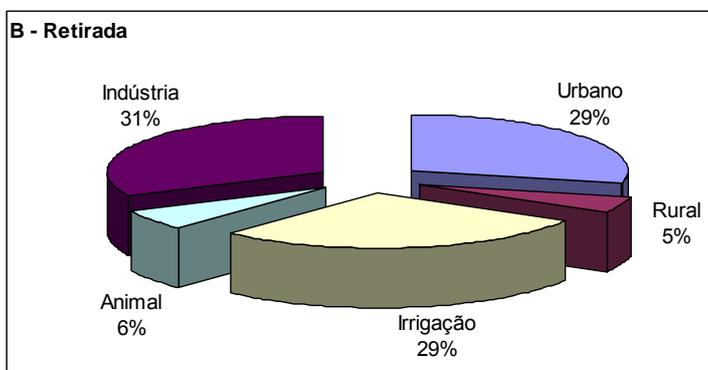
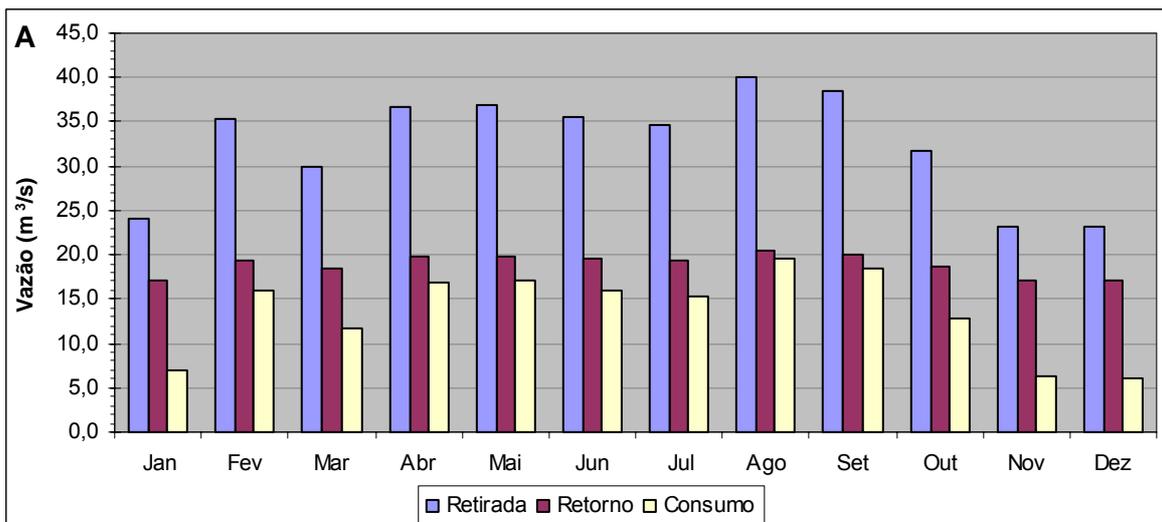


Figura 39. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Traíra II, na Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	9,31	1,51	9,34	1,84	10,50	32,50
Retorno (m³.s⁻¹)	7,45	0,75	1,90	0,37	8,41	18,88

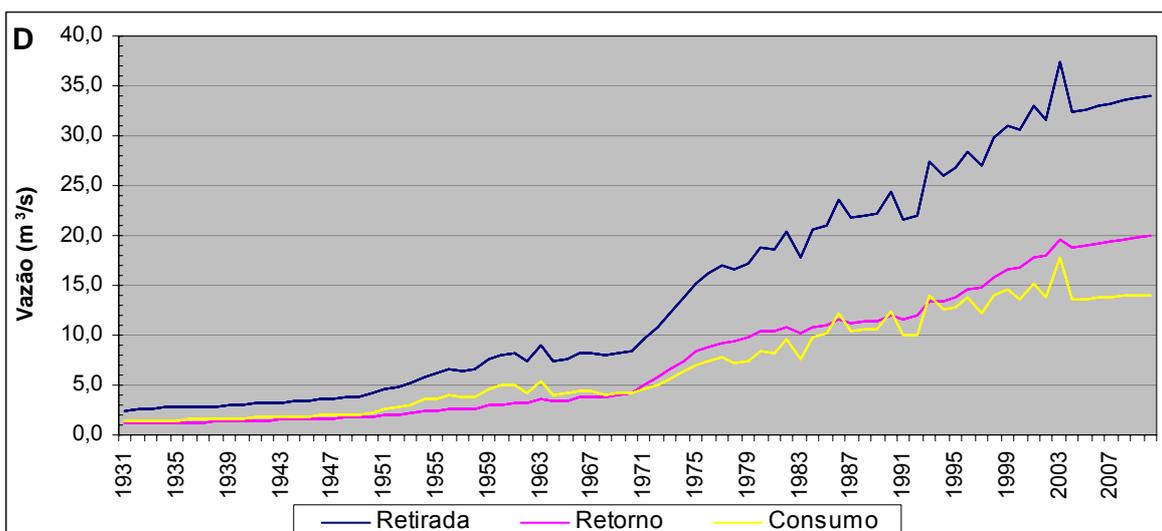
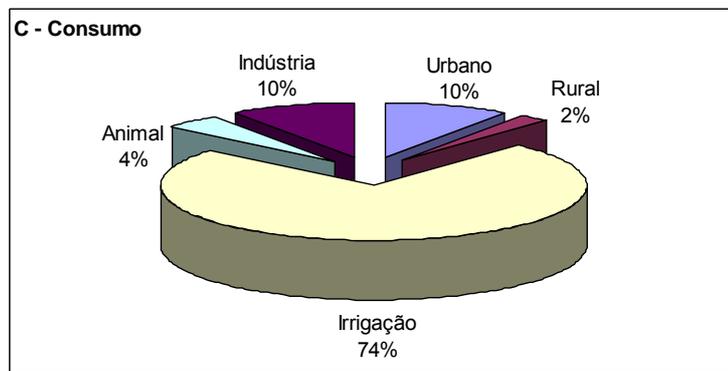
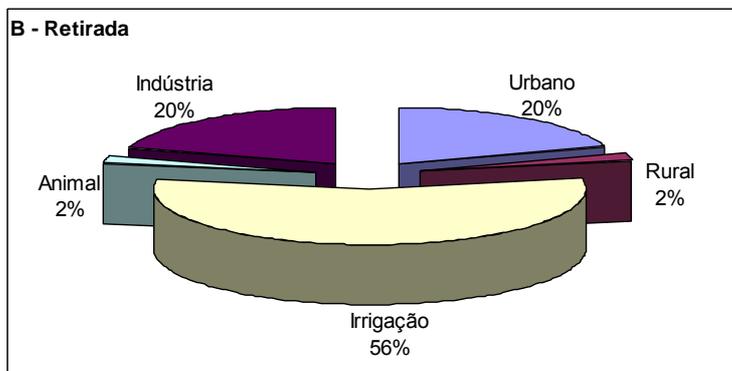
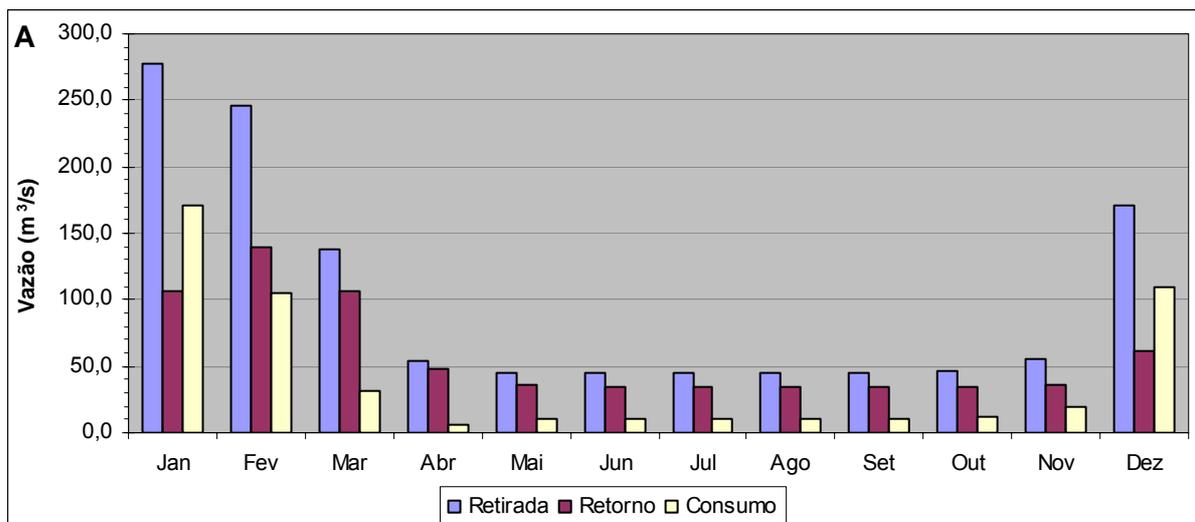


Figura 40. Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Doce, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.12. Bacia do Rio Guaíba



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s ⁻¹)	20,19	1,95	56,34	2,26	20,43	101,16
Retorno (m³.s ⁻¹)	16,15	0,97	24,85	0,45	16,38	58,80

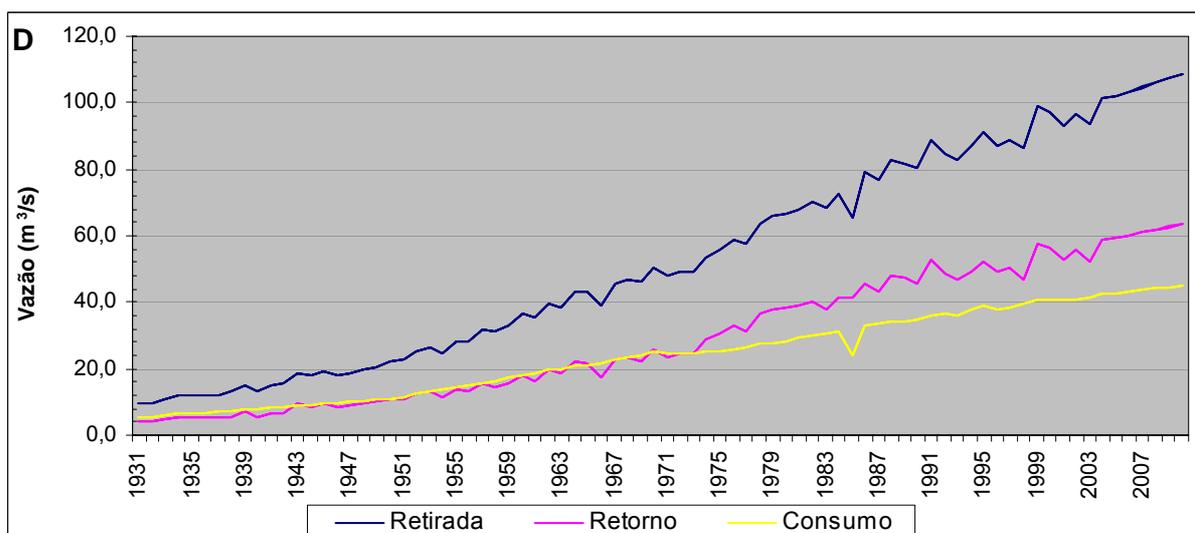
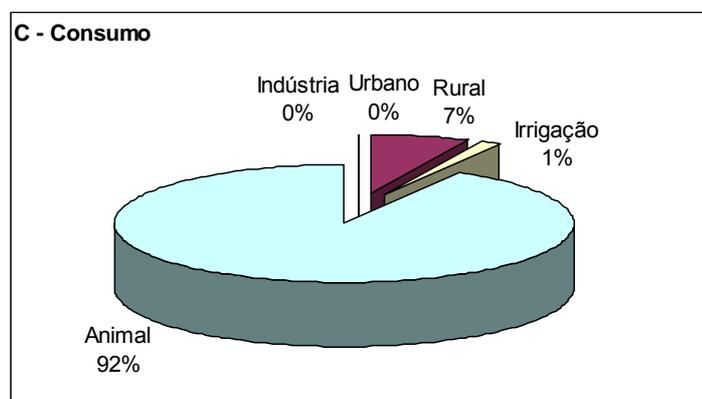
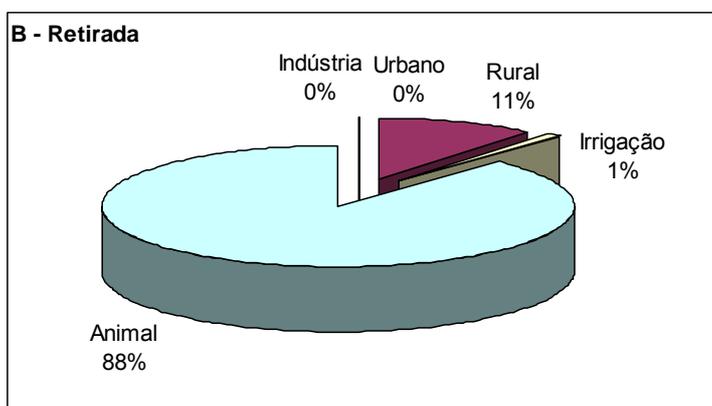
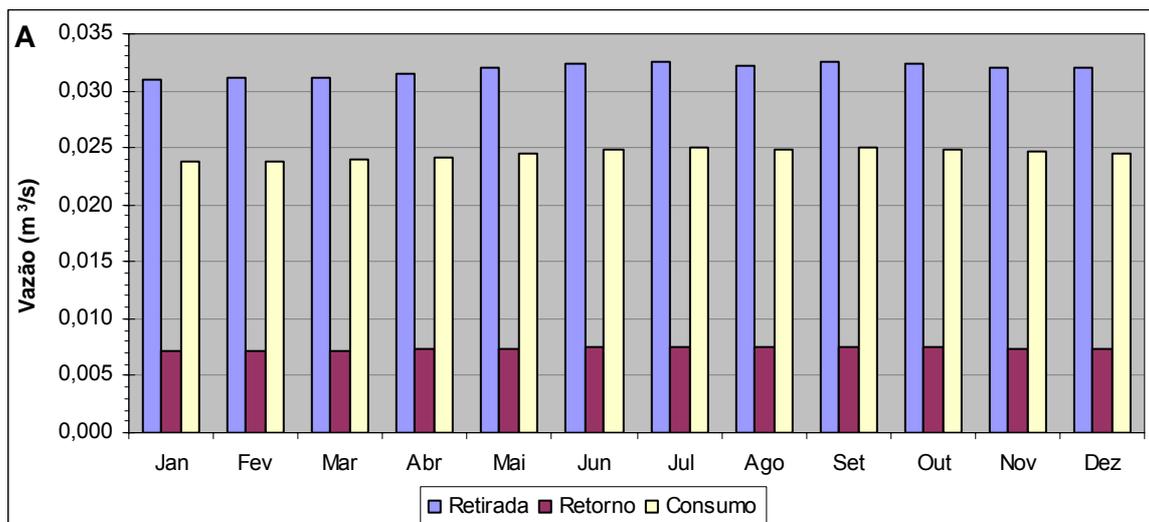


Figura 41. Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Guaíba, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.13. Bacia do Rio Guaporé



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01

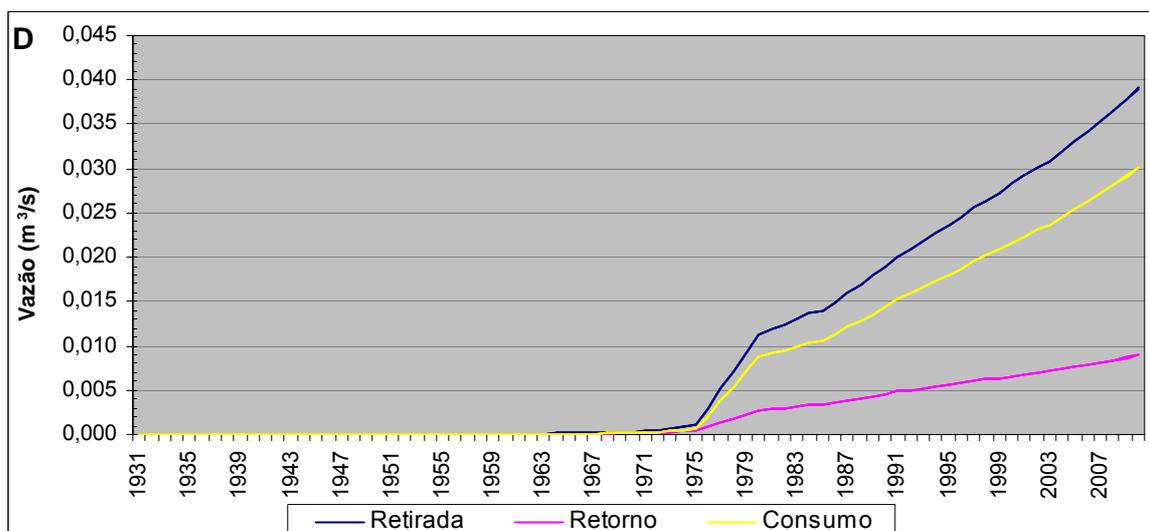
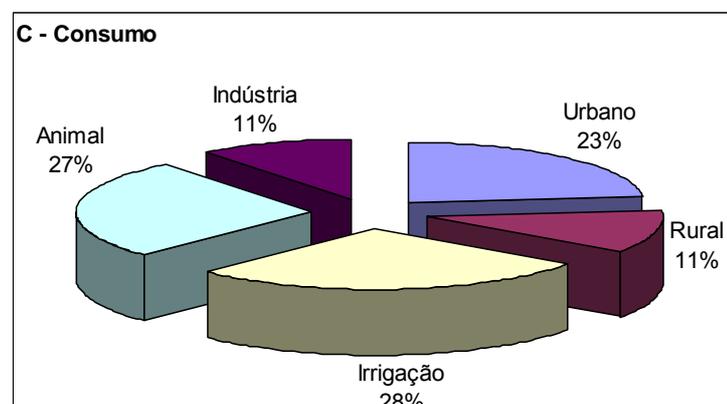
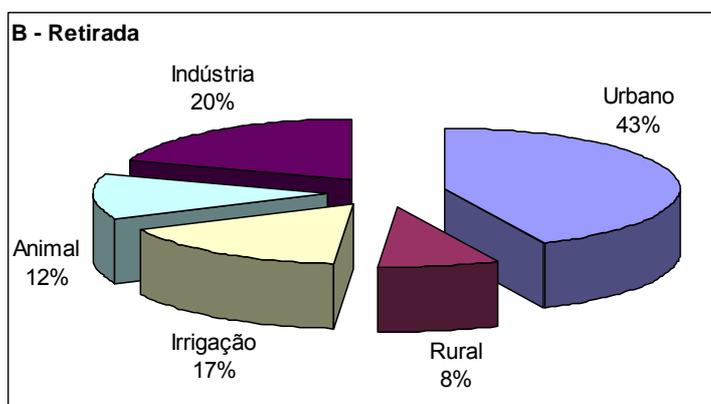
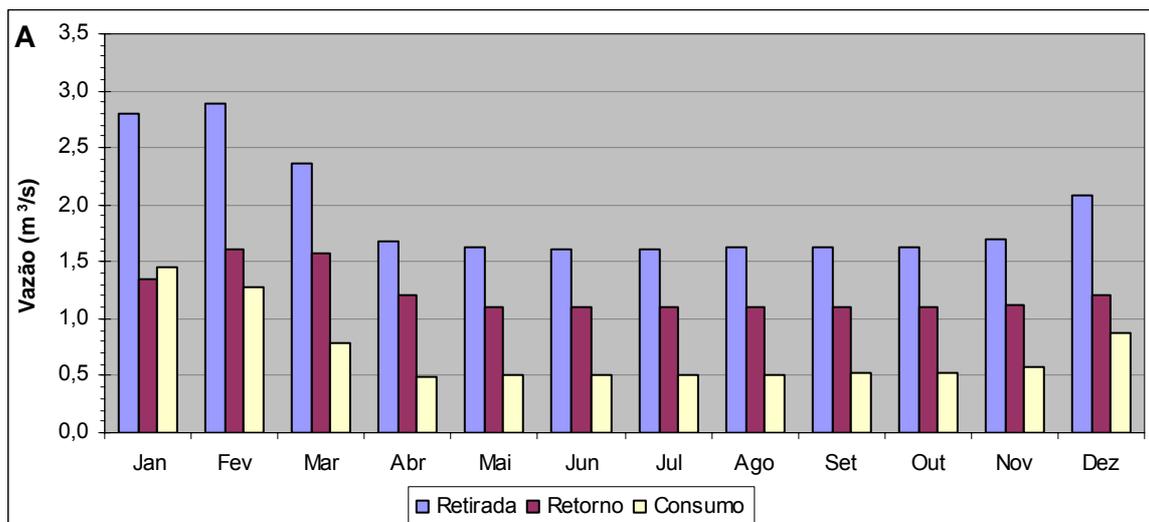


Figura 42. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Guaporé, na Bacia do Rio Guaporé, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.14. Bacia do Rio Ijuí



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,83	0,16	0,32	0,24	0,38	1,94
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,67	0,08	0,12	0,05	0,31	1,22

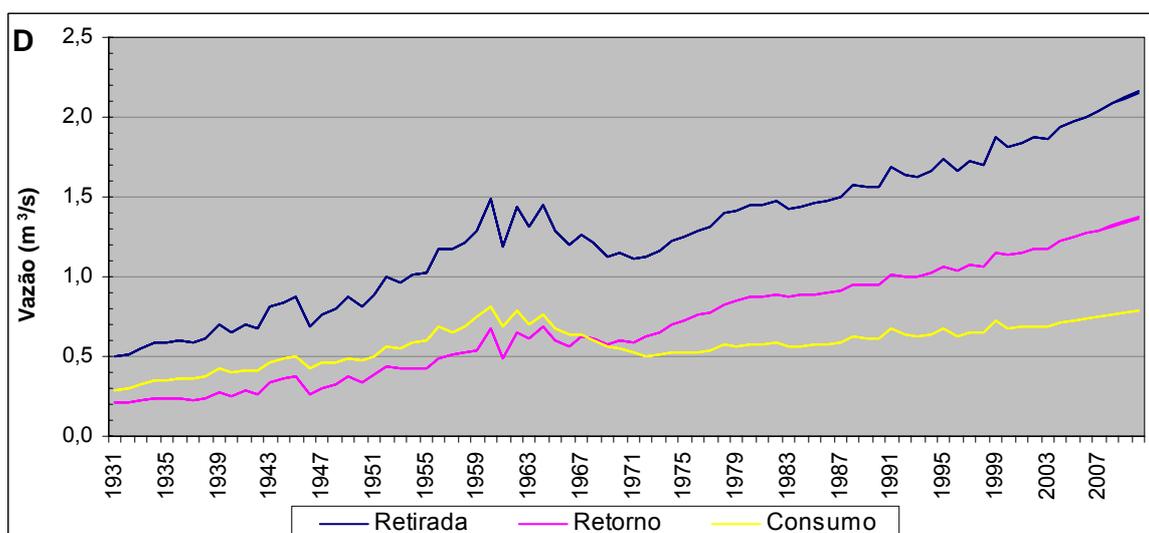
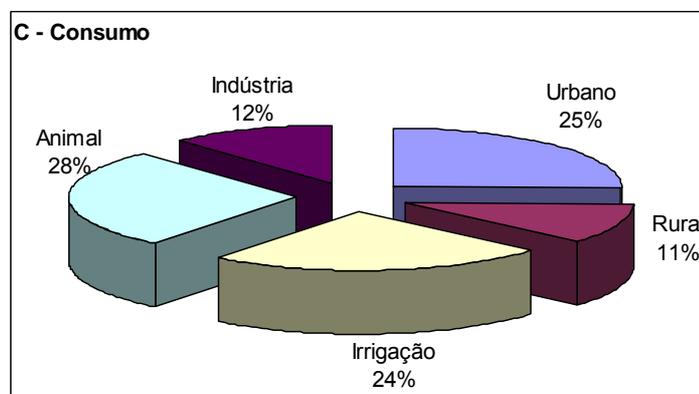
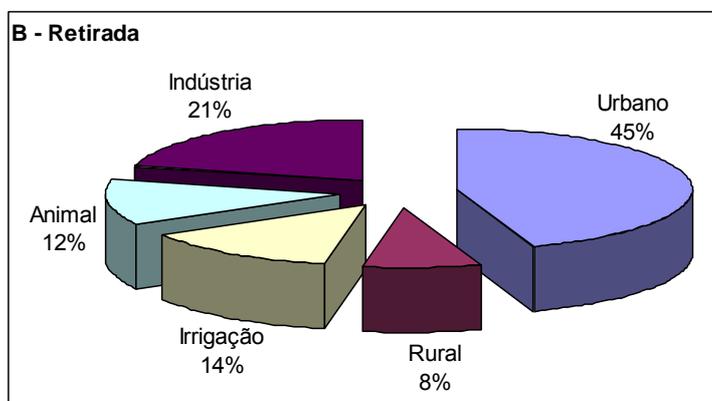
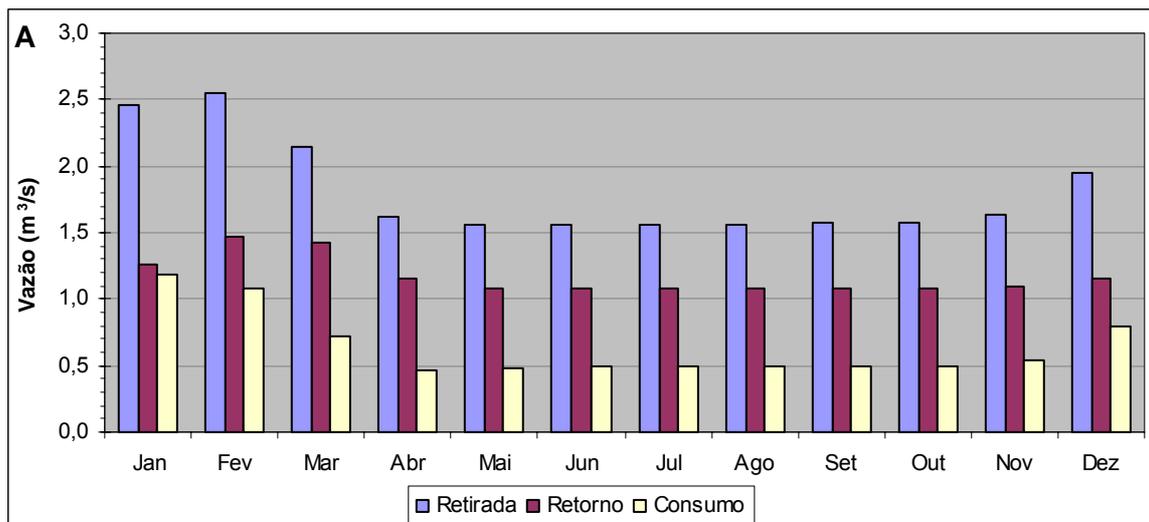


Figura 43. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Passo São João, na Bacia do Rio Ijuí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,81	0,14	0,25	0,22	0,38	1,81
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,65	0,07	0,10	0,04	0,31	1,17

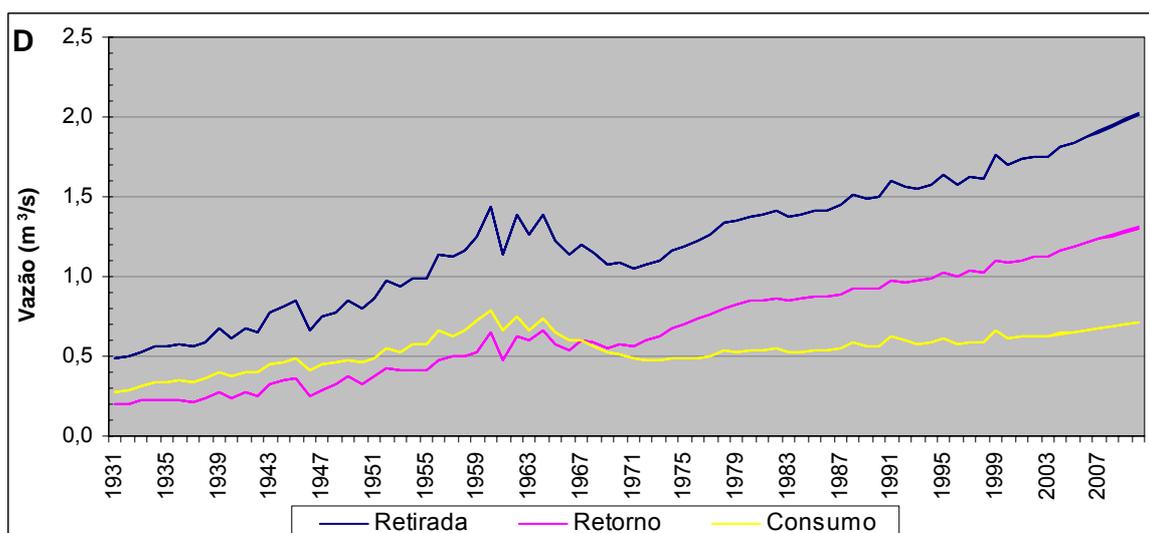
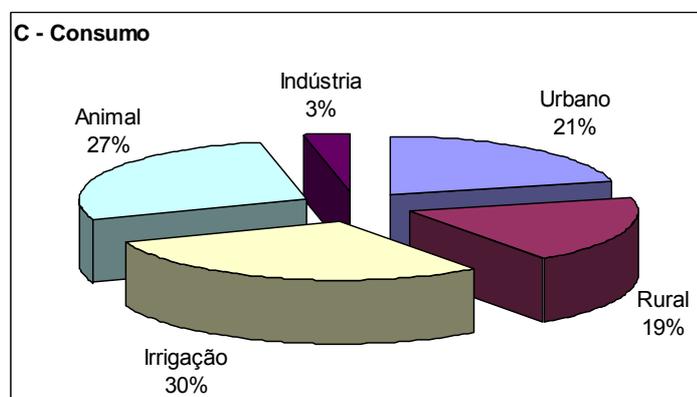
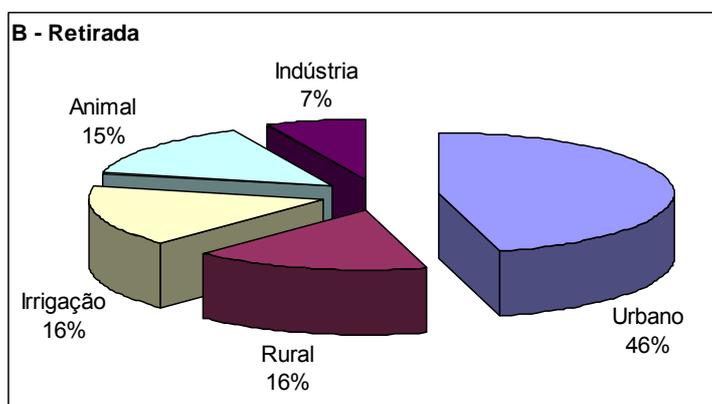
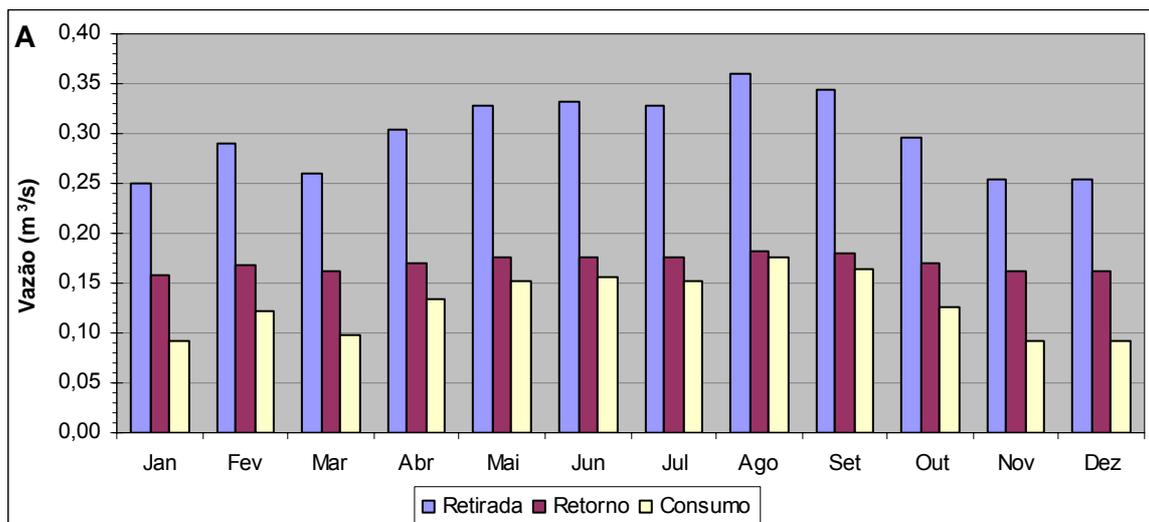


Figura 44. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento São José, na Bacia do Rio Ijuí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.15. Bacia do Rio Itabapoana



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,14	0,05	0,05	0,04	0,02	0,30
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,11	0,02	0,01	0,01	0,02	0,17

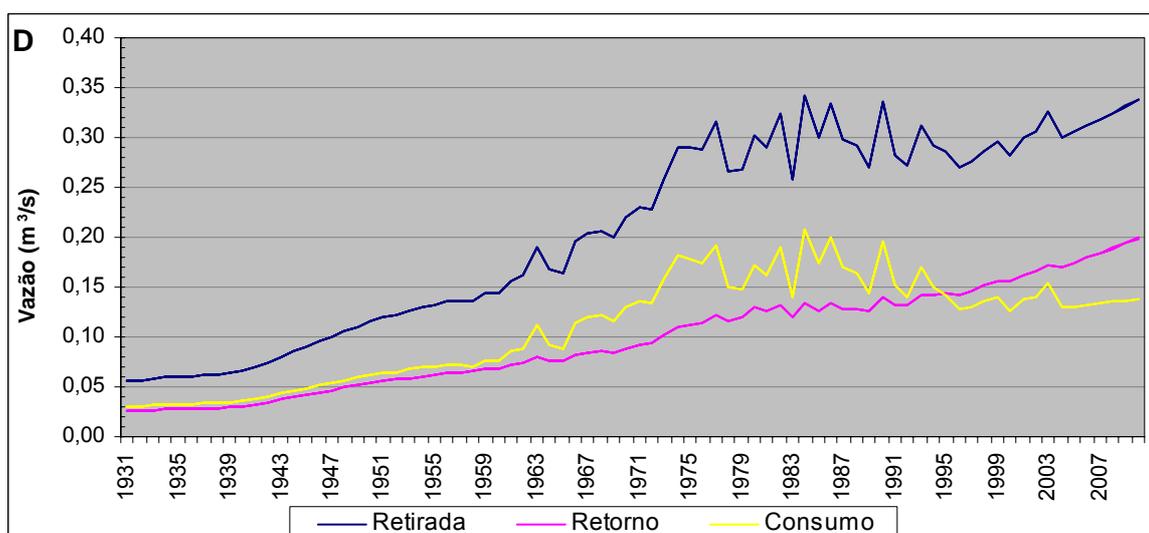
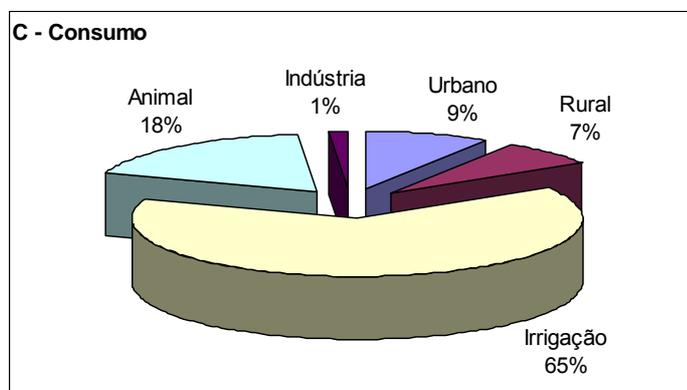
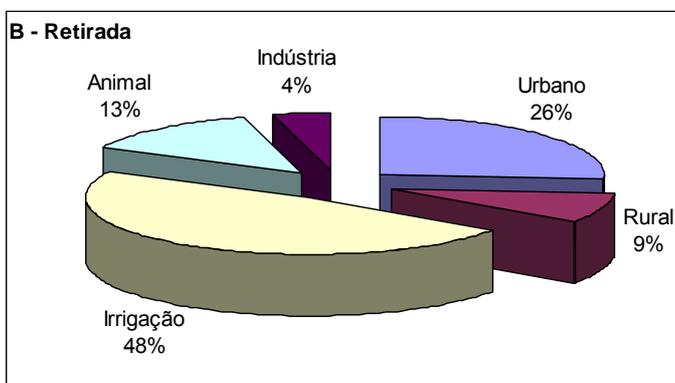
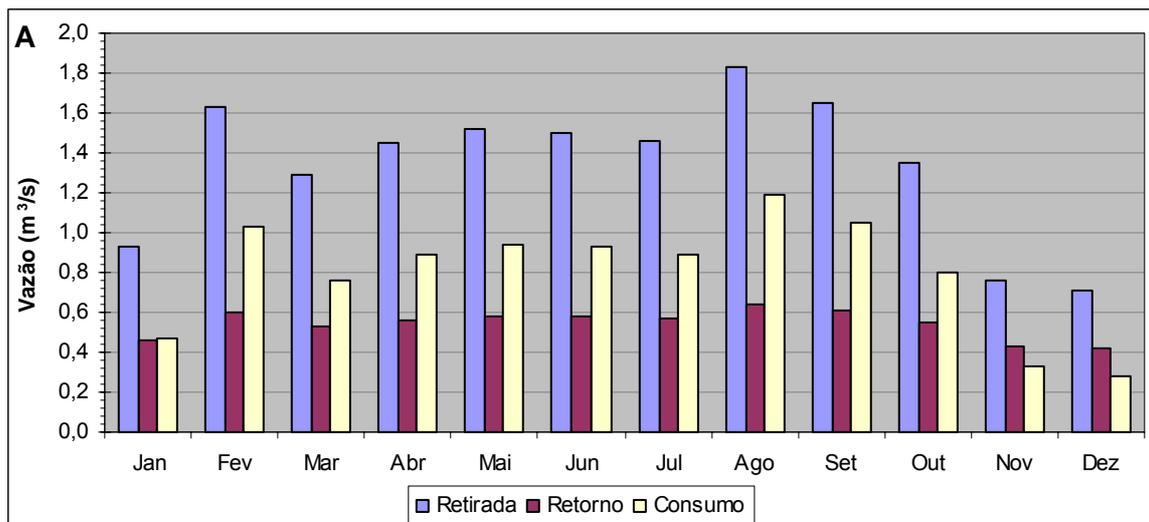


Figura 45. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Rosal, na Bacia do Rio Itabapoana, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,35	0,12	0,64	0,18	0,06	1,34
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,28	0,06	0,13	0,04	0,04	0,54

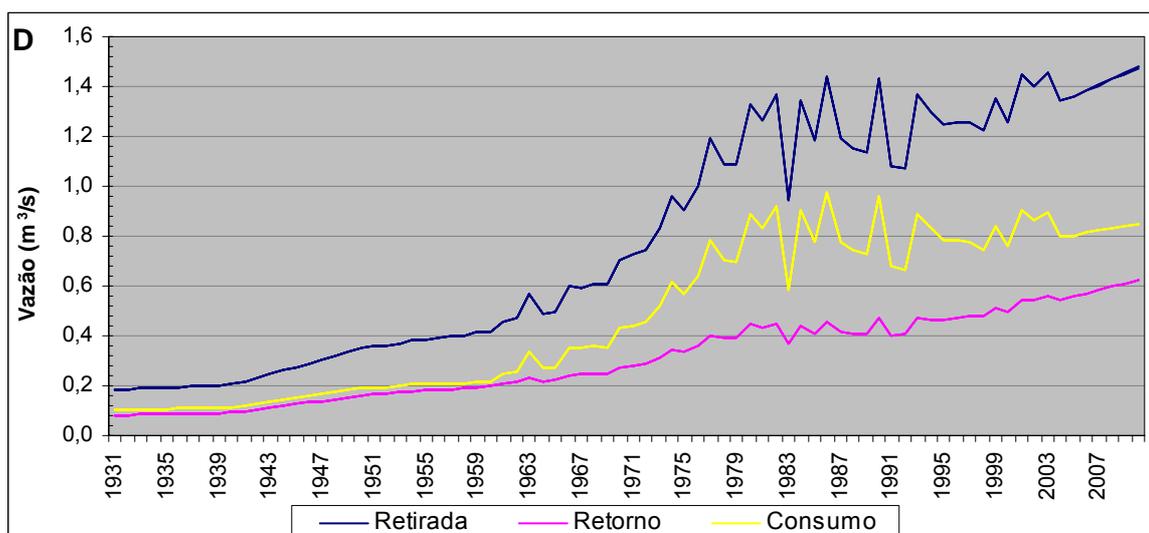
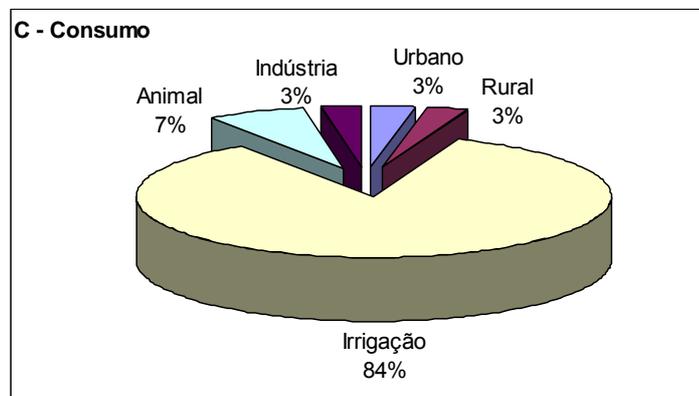
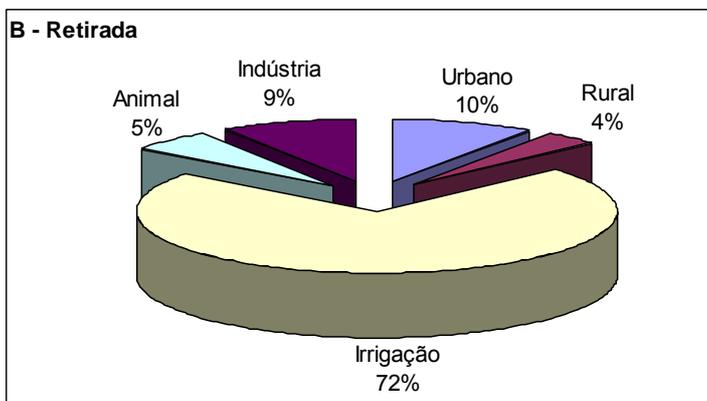
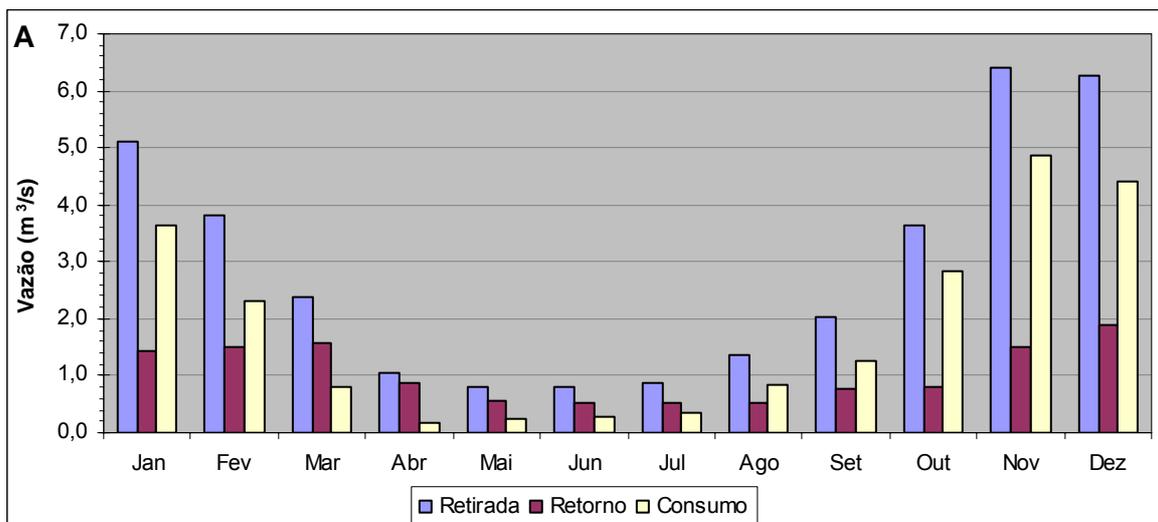


Figura 46. Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Itabapoana, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.16. Bacia do Rio Itajaí



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,28	0,11	2,07	0,15	0,27	2,88
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,23	0,05	0,52	0,03	0,21	1,05

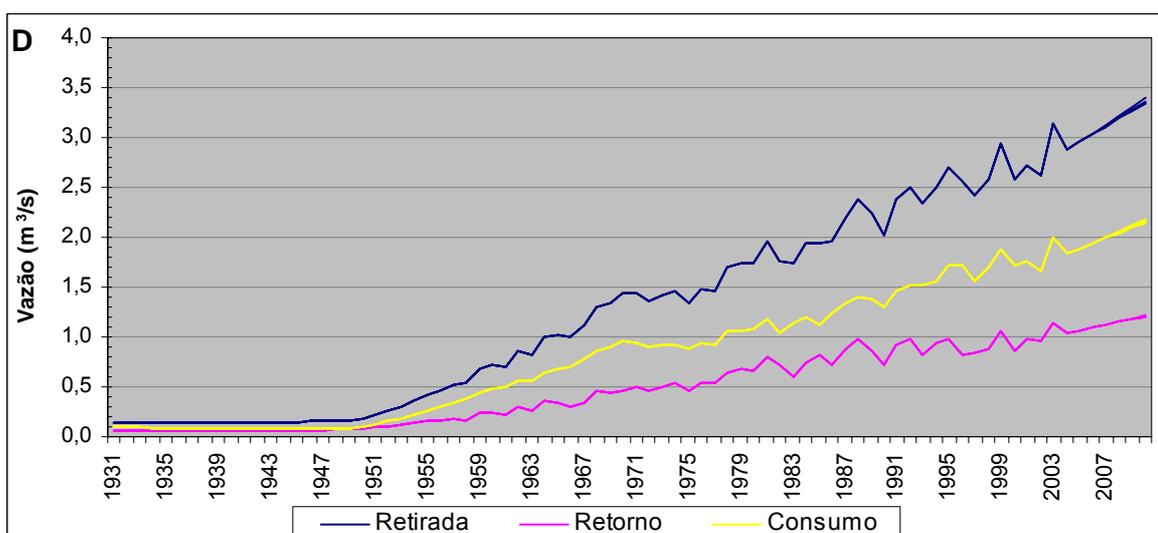
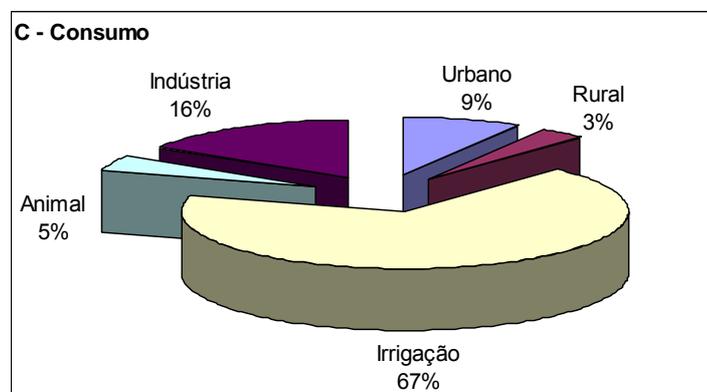
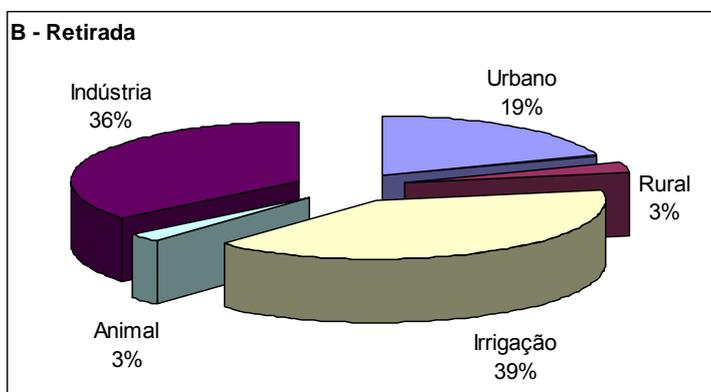
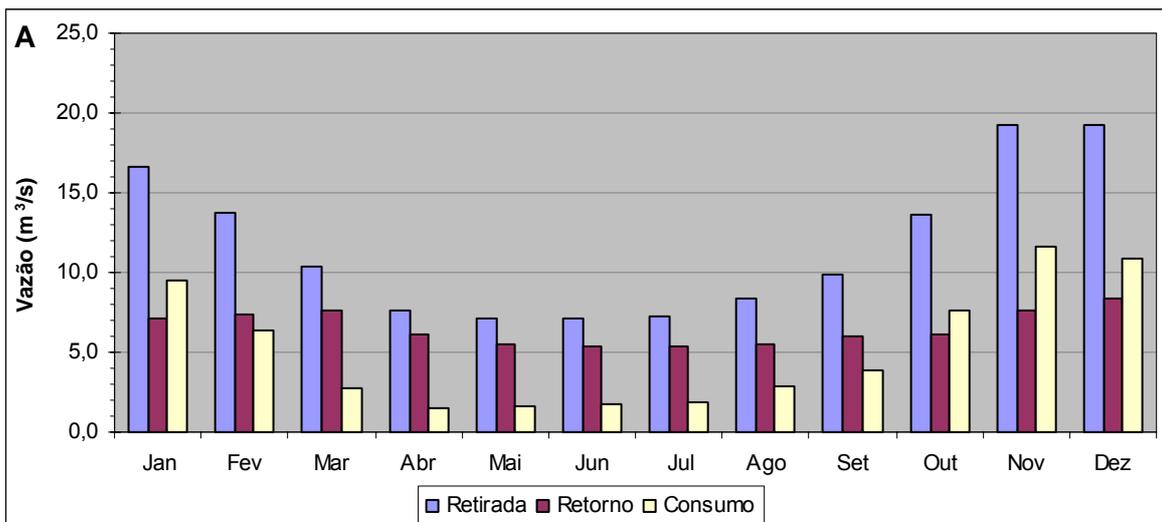


Figura 47. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Salto Pilão, na Bacia do Rio Itajaí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	2,26	0,34	4,61	0,29	4,19	11,69
Retorno (m³.s⁻¹)	1,81	0,17	1,11	0,06	3,35	6,50

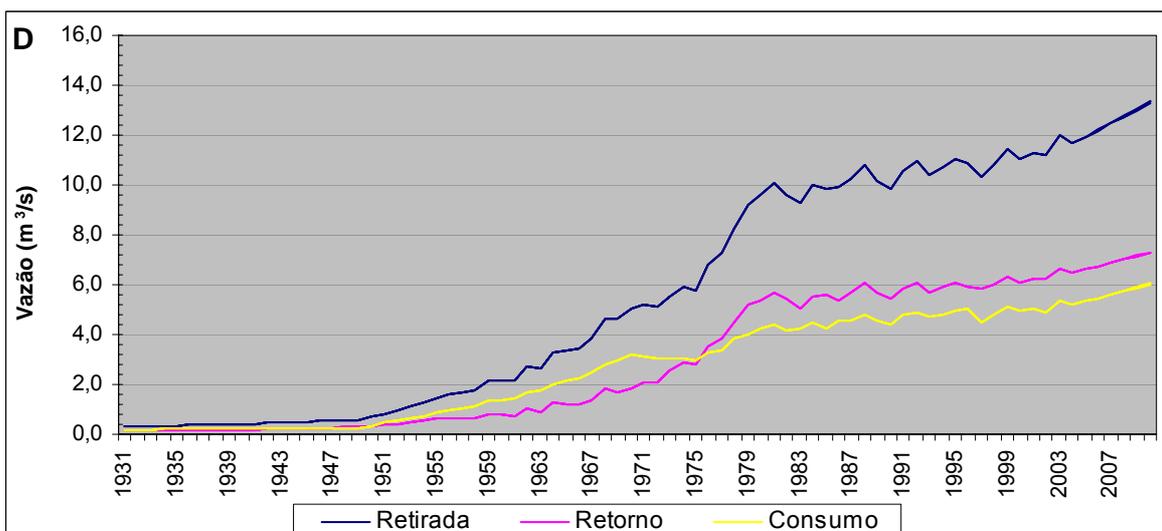
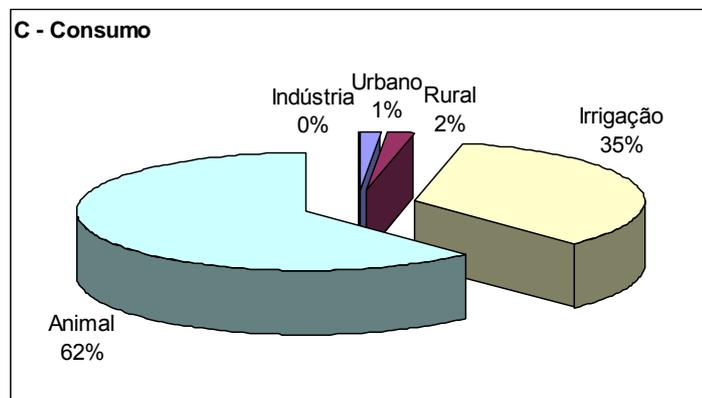
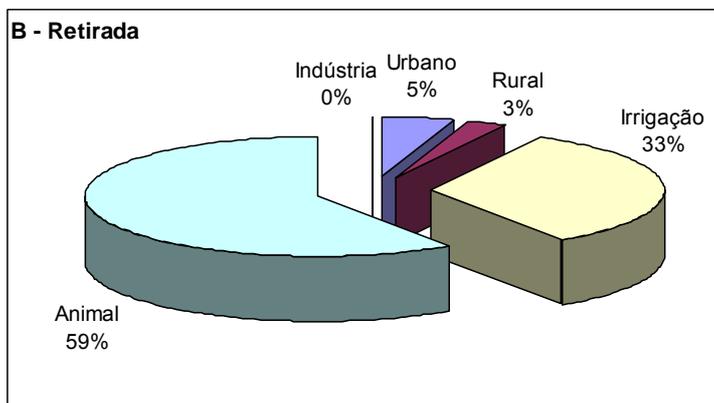
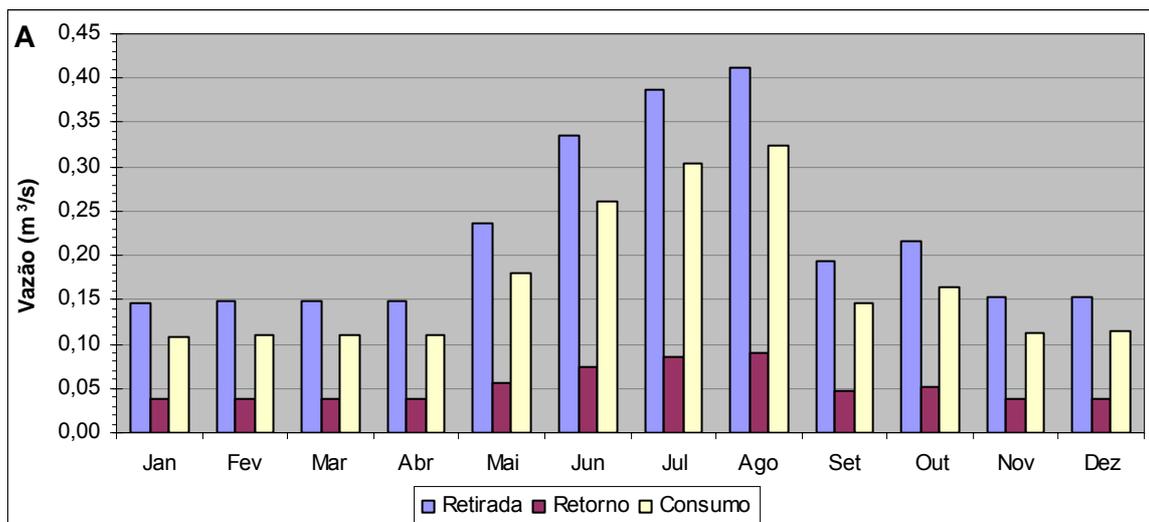


Figura 48. Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Itajaí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.17. Bacia do Rio Itiquira



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,01	0,01	0,07	0,13	0,00	0,22
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,01	0,00	0,01	0,03	0,00	0,05

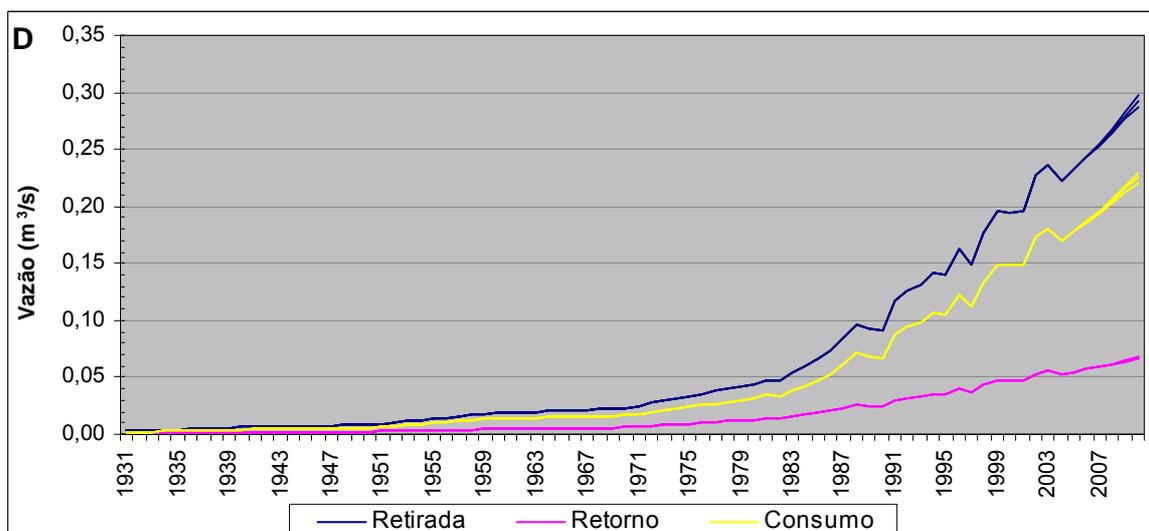
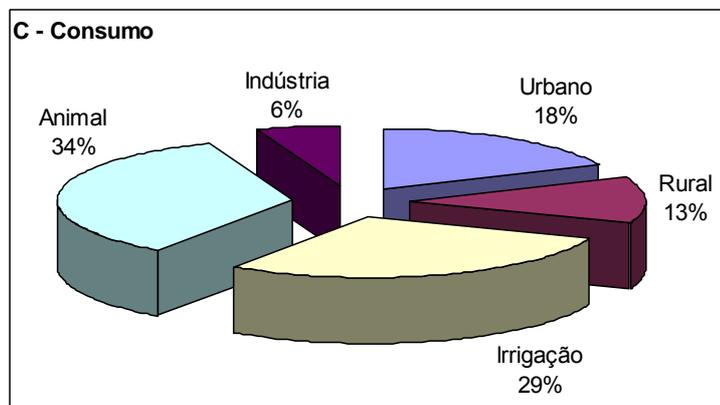
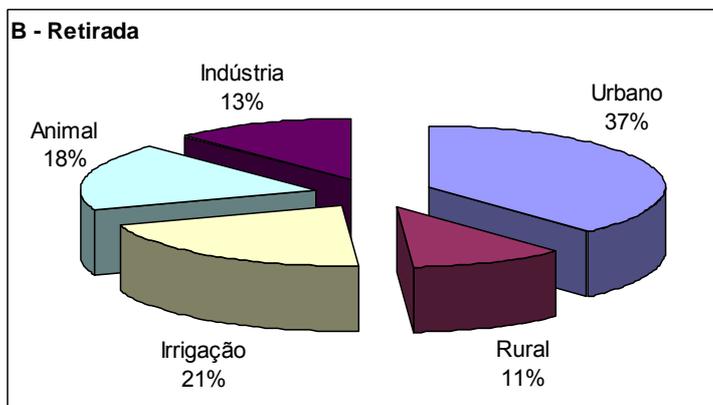
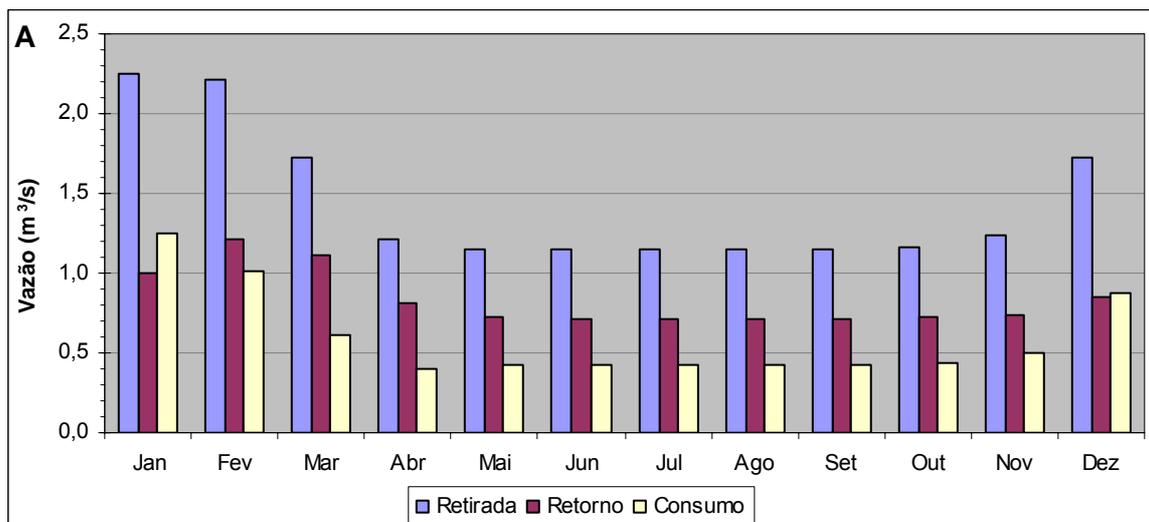


Figura 49. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Itiquira I e II, na Bacia do Rio Itiquira, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.18. Bacia do Rio Jacuí



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3.s^{-1}$)	0,55	0,15	0,30	0,26	0,18	1,44
Retorno ($m^3.s^{-1}$)	0,44	0,08	0,12	0,05	0,15	0,84

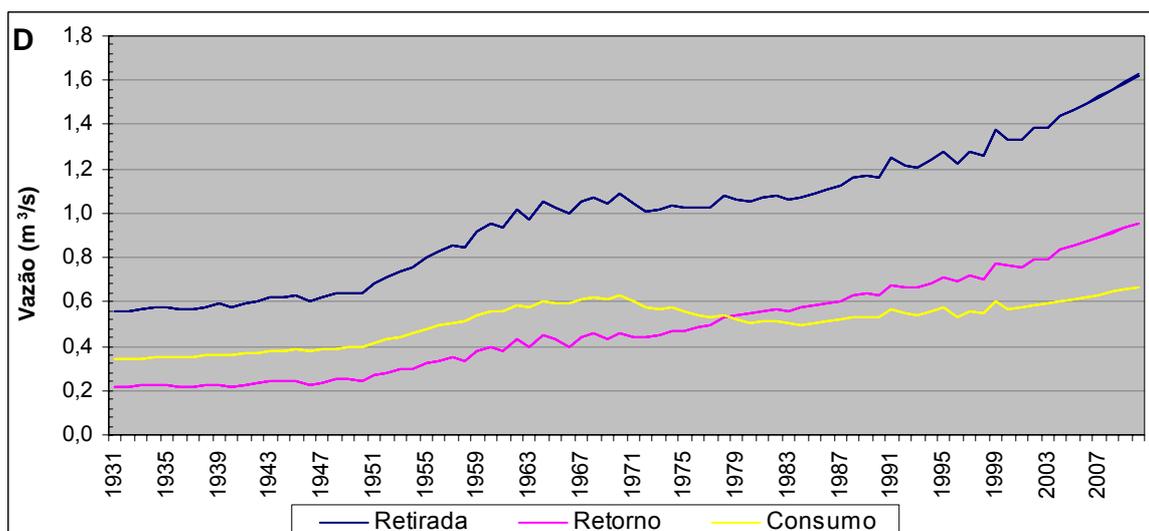
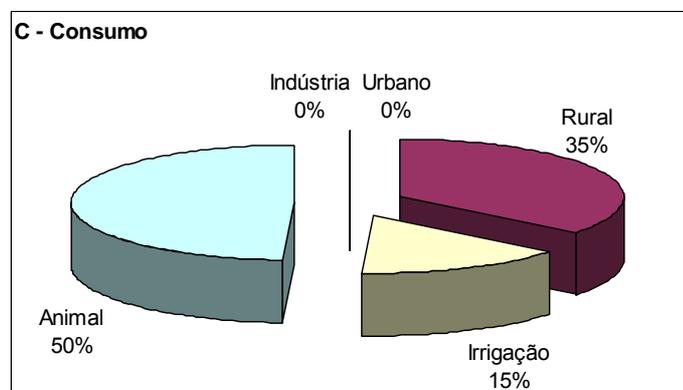
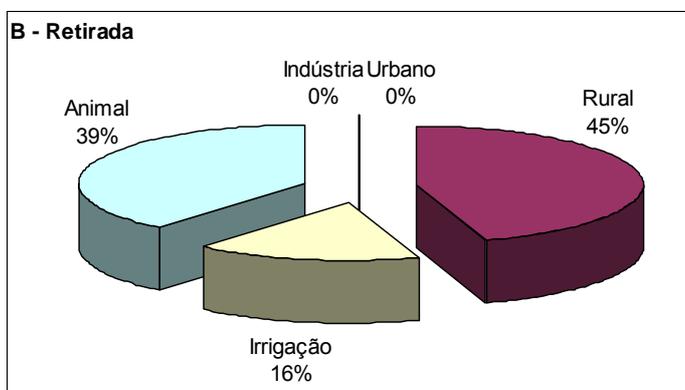
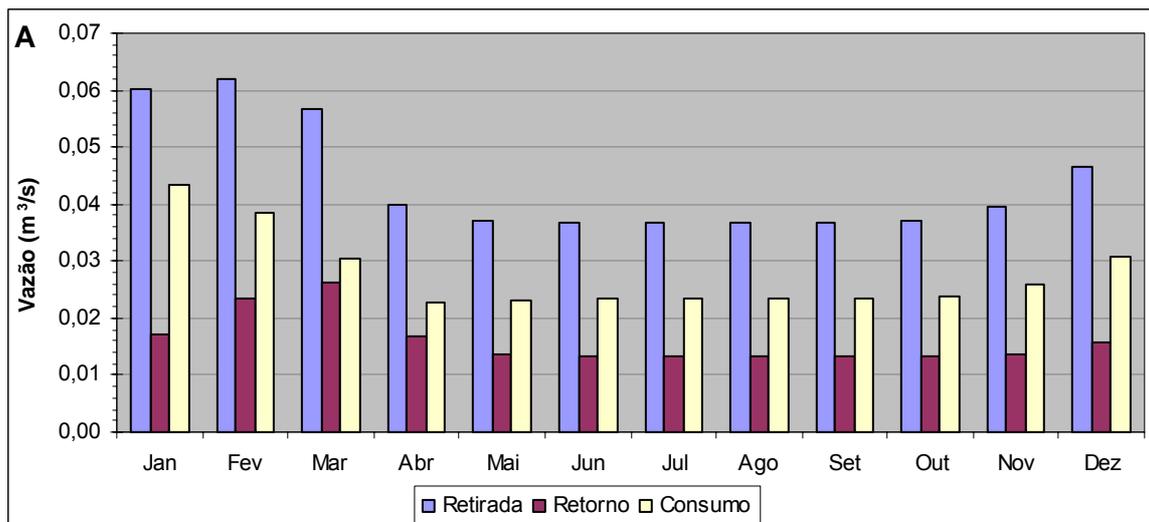


Figura 50. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Dona Francisca, na Bacia do Rio Jacuí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,02	0,01	0,02	0,00	0,04
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02

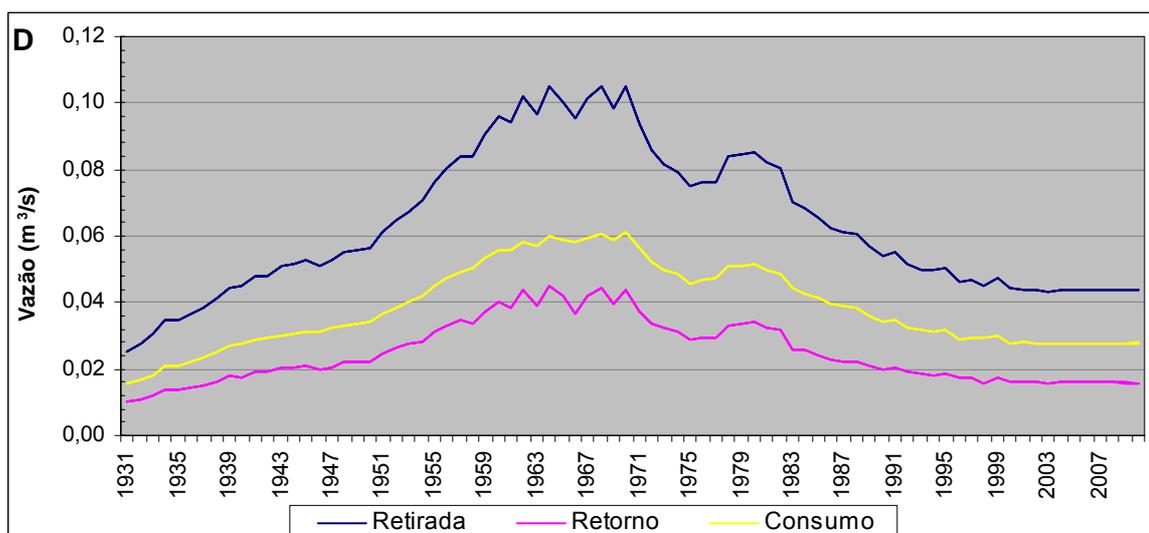
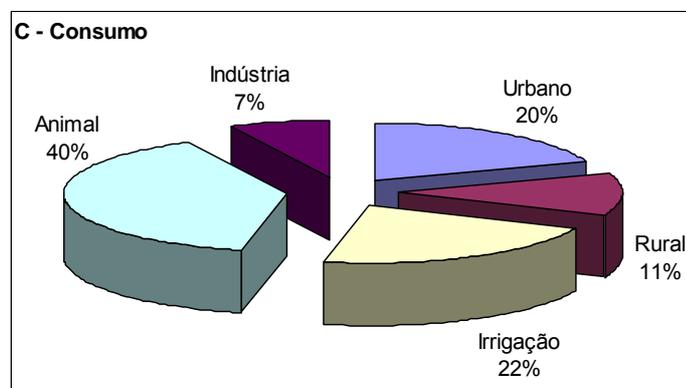
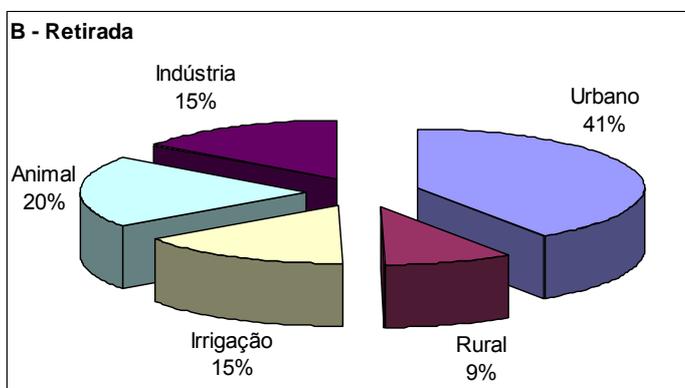
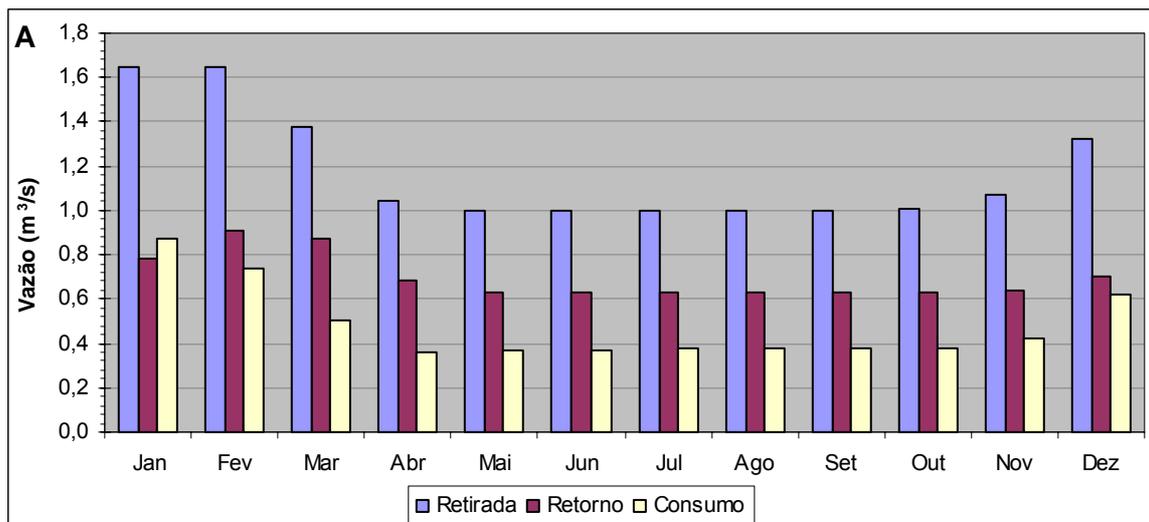


Figura 51. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Ernestina, na Bacia do Rio Jacuí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,48	0,11	0,18	0,24	0,18	1,20
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,38	0,05	0,07	0,05	0,14	0,71

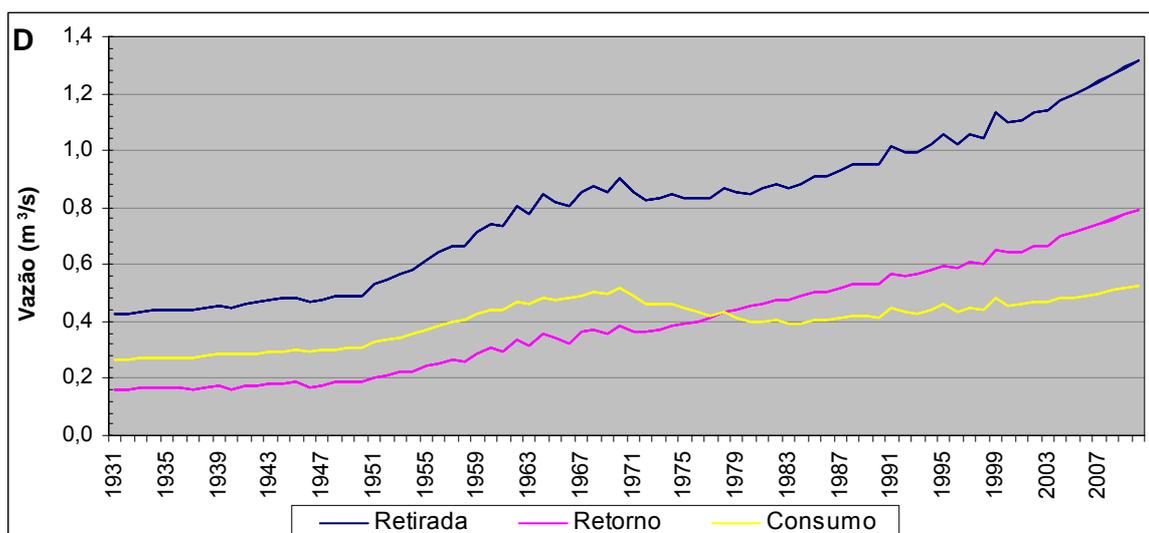
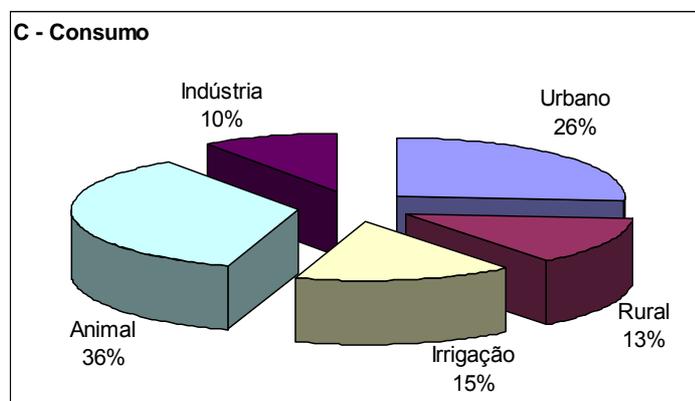
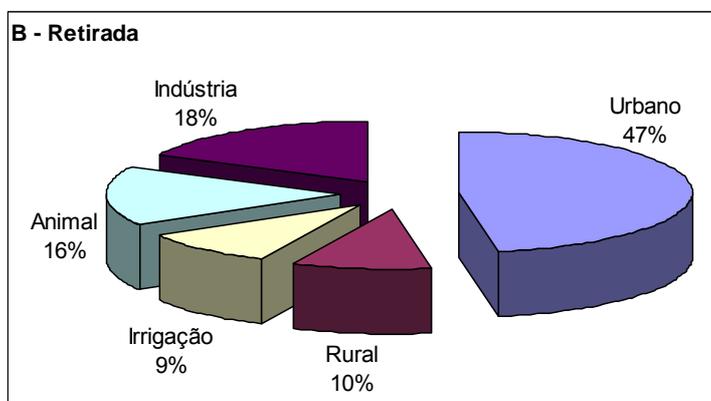
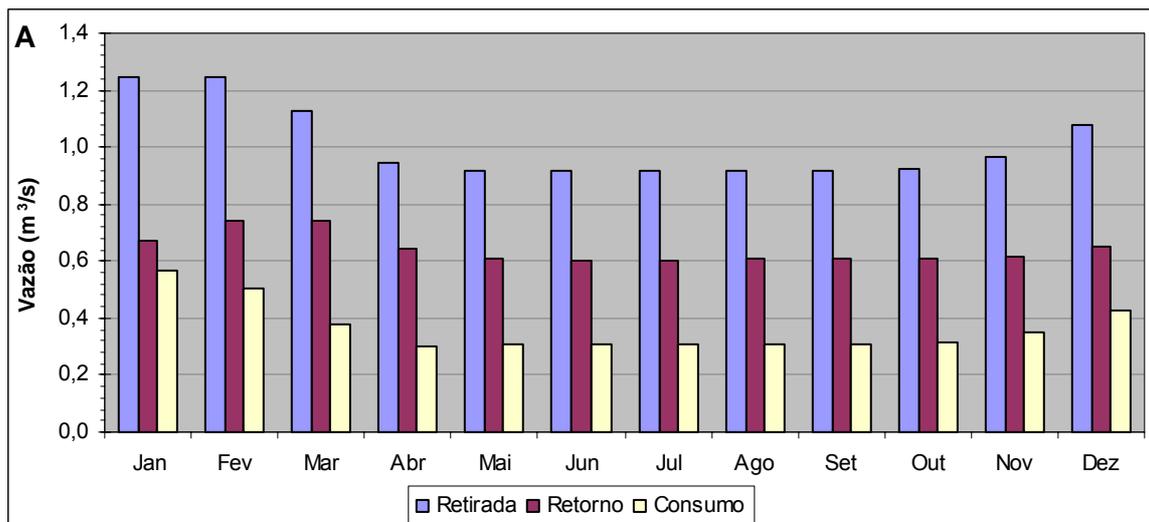


Figura 52. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Itaúba, na Bacia do Rio Jacuí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	0,48	0,10	0,10	0,16	0,18	1,01
Retorno (m³.s⁻¹)	0,38	0,05	0,04	0,03	0,14	0,64

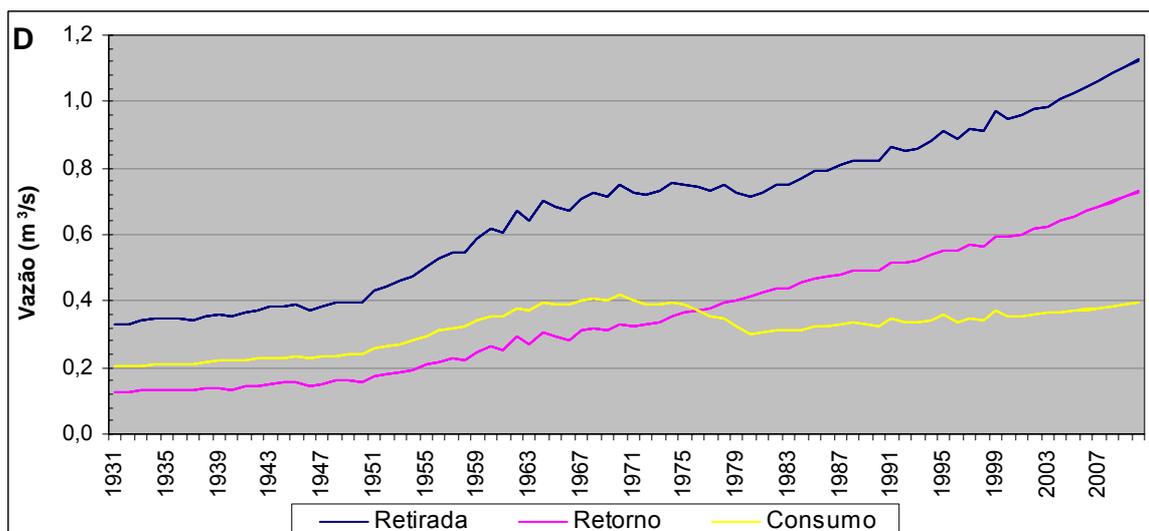
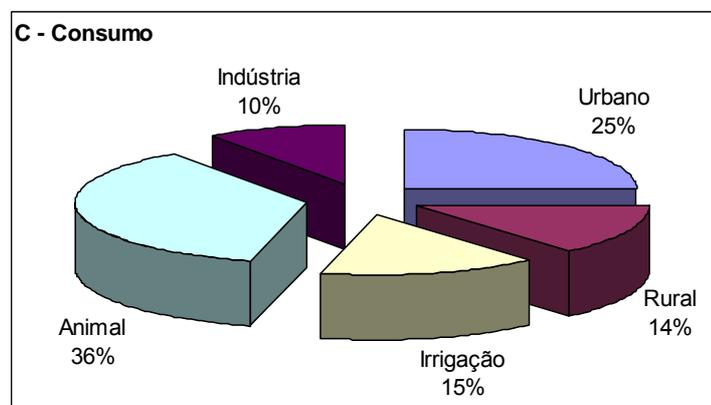
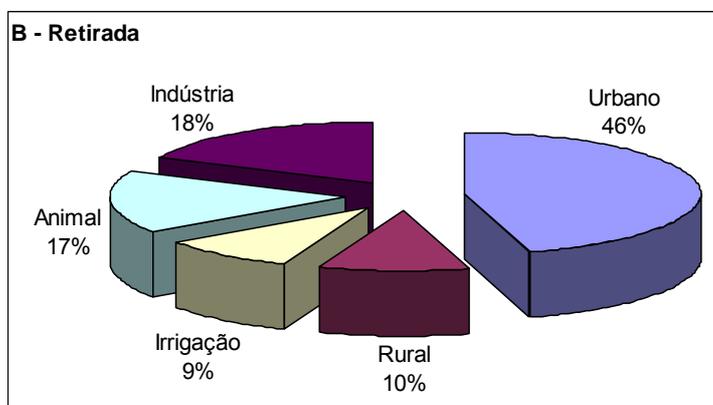
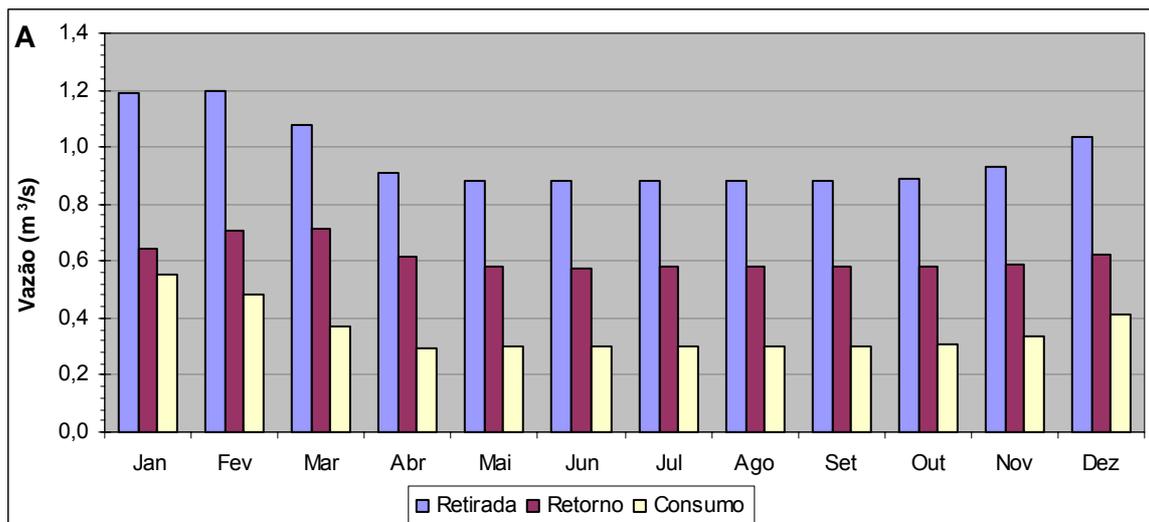


Figura 53. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Jacuí, na Bacia do Rio Jacuí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	0,44	0,10	0,09	0,16	0,18	0,97
Retorno (m³.s⁻¹)	0,35	0,05	0,04	0,03	0,14	0,61

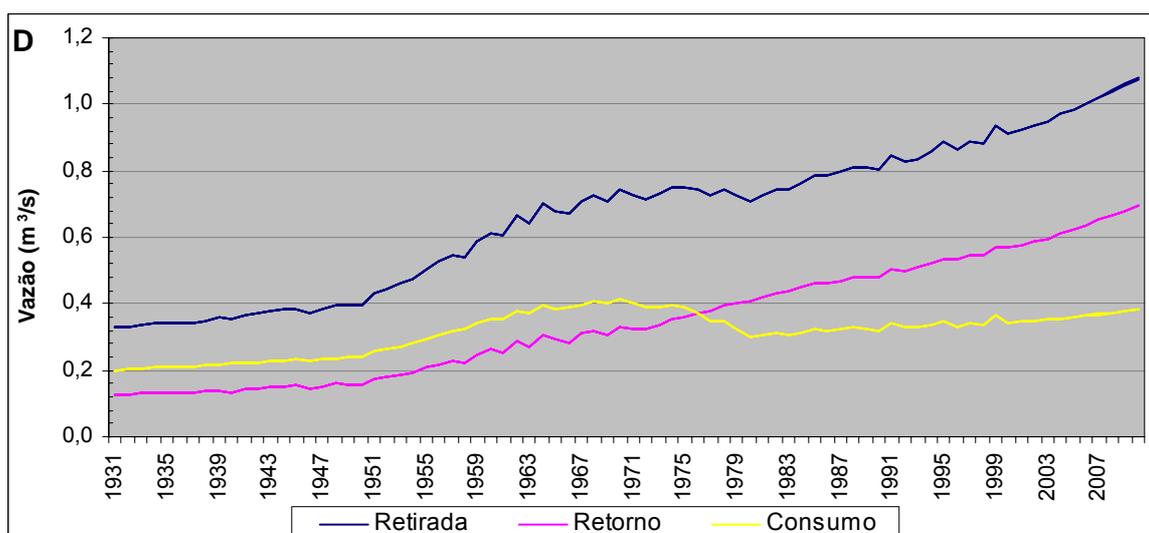
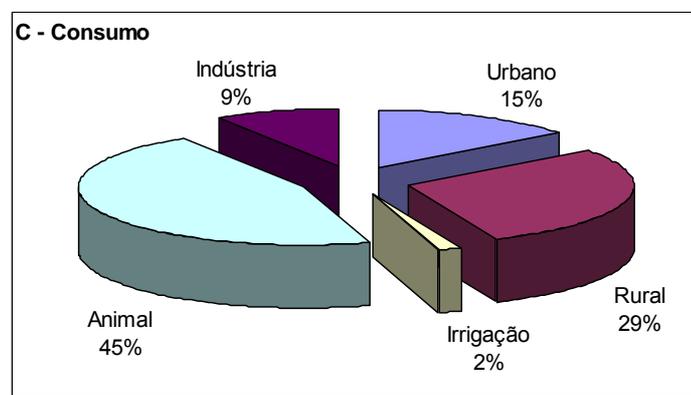
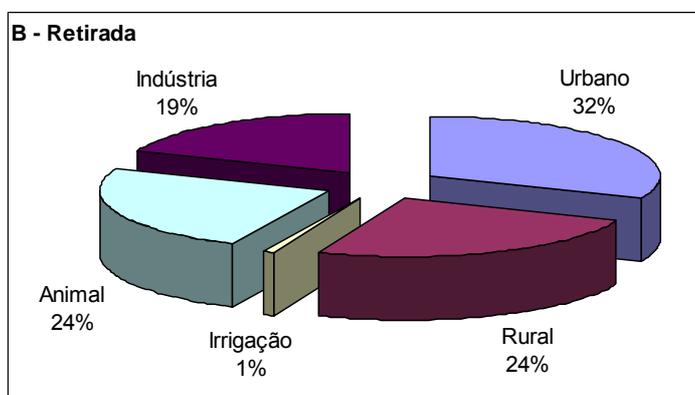
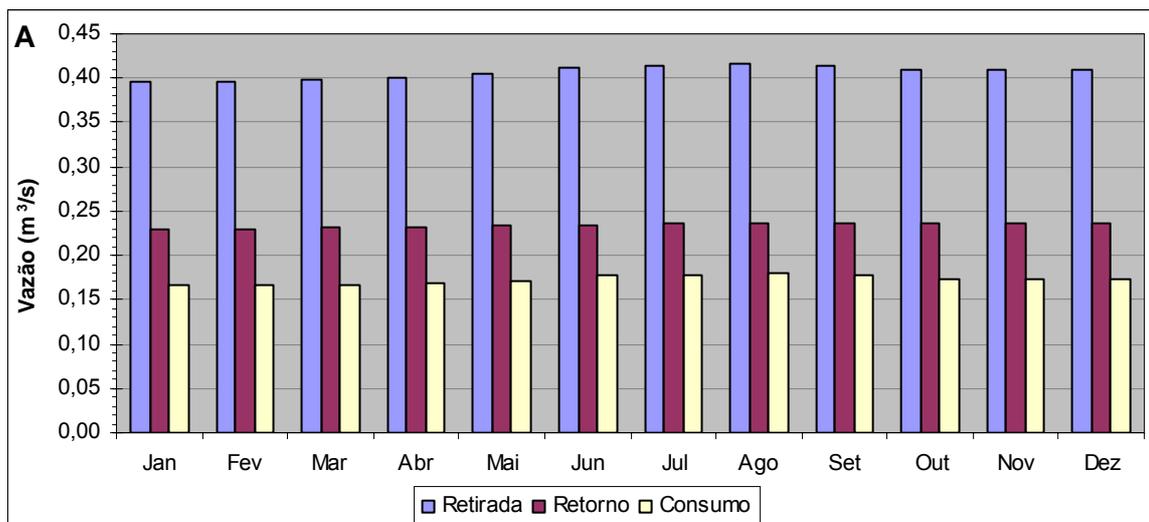


Figura 54. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Passo Real na Bacia do Rio Jacuí, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.19. Bacia do Rio Jamari



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	0,13	0,10	0,00	0,10	0,08	0,41
Retorno (m³.s⁻¹)	0,10	0,05	0,00	0,02	0,06	0,23

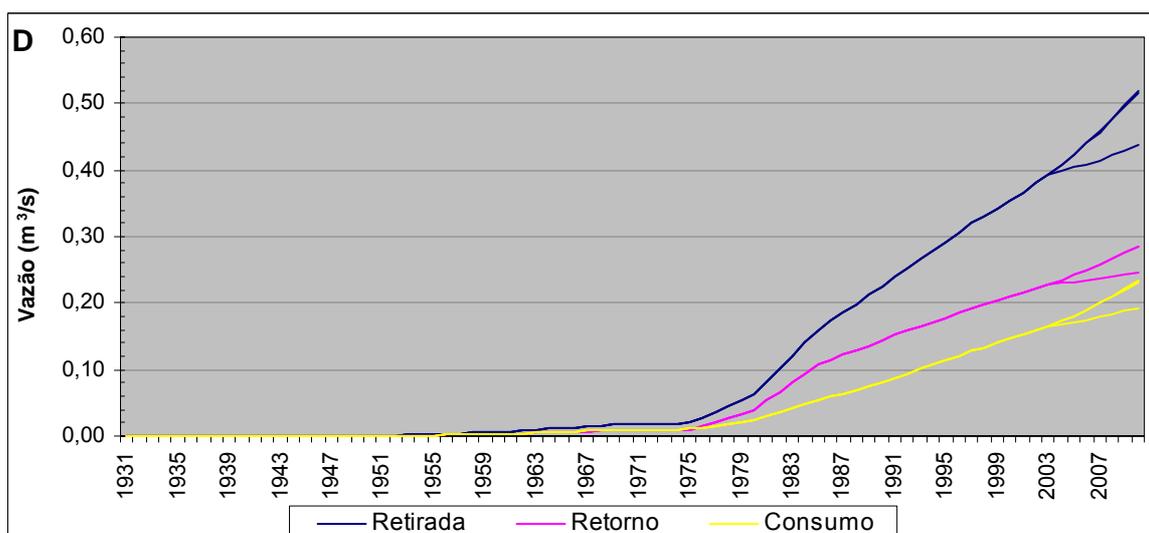
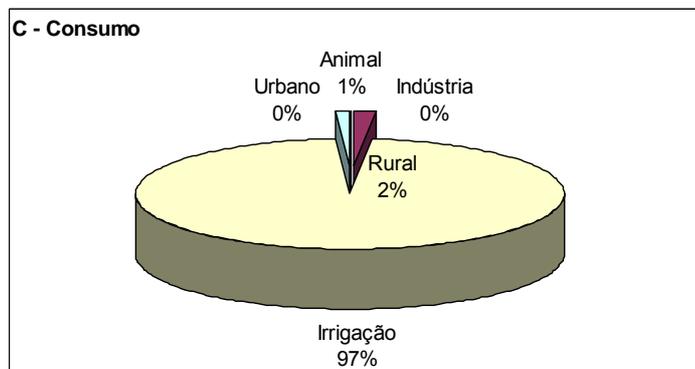
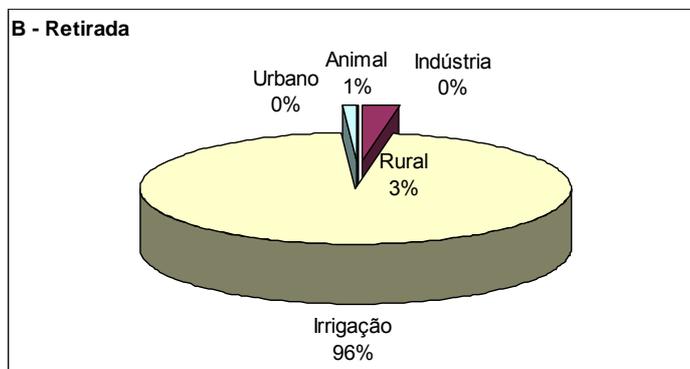
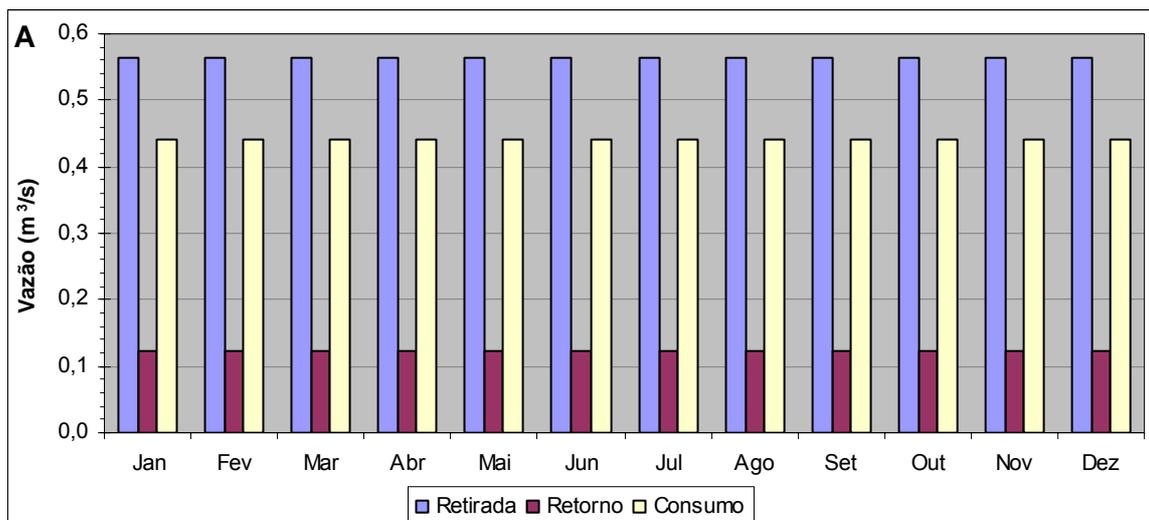


Figura 55. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Samuel, na Bacia do Rio Jamari, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.20. Bacia do Rio Jari



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s ⁻¹)	0,00	0,02	0,54	0,01	0,00	0,56
Retorno (m³.s ⁻¹)	0,00	0,01	0,11	0,00	0,00	0,12

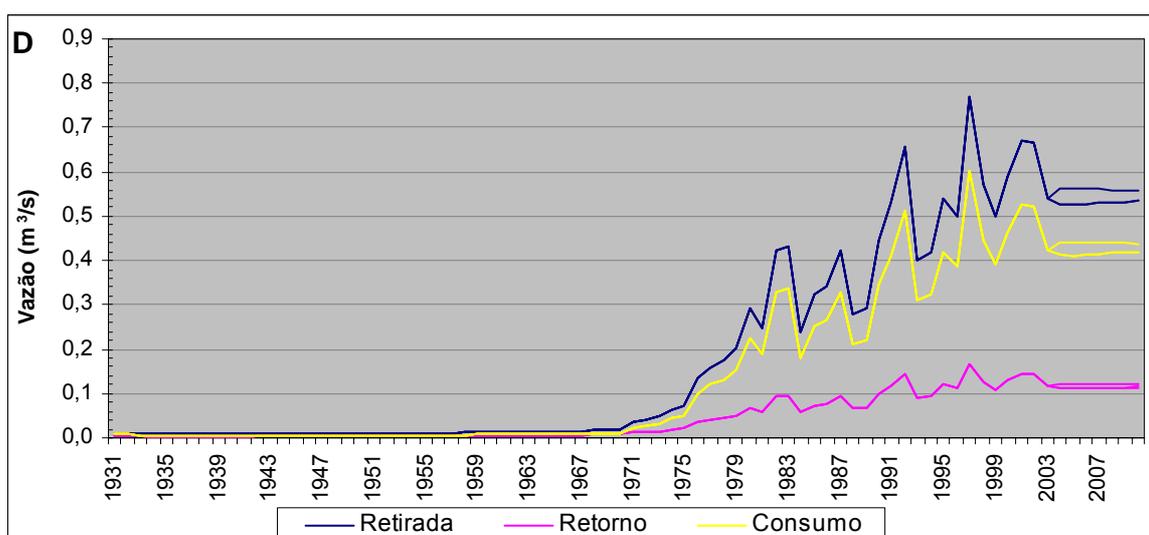
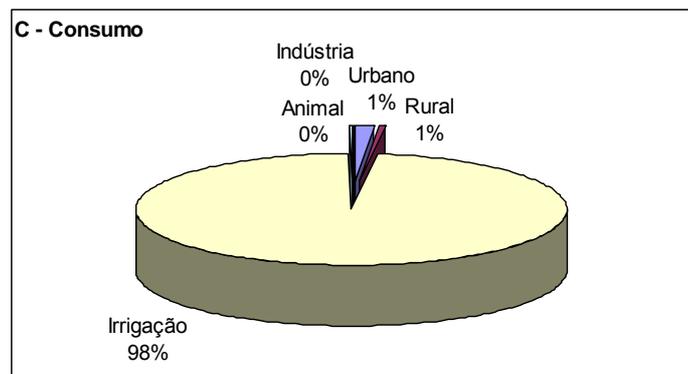
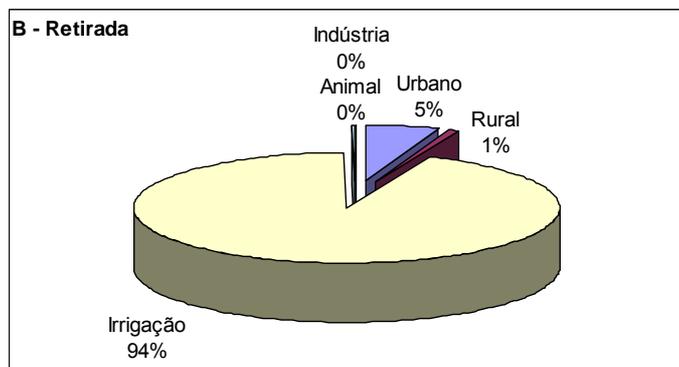
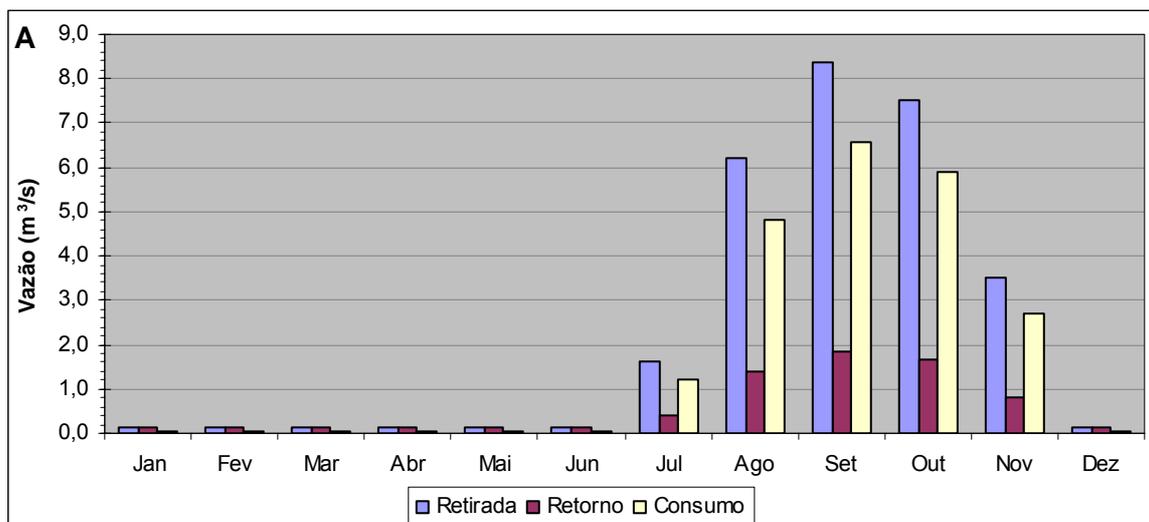


Figura 56. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Santo Antonio, na Bacia do Rio Jari, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,13	0,02	2,21	0,01	0,00	2,37
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,10	0,01	0,46	0,00	0,00	0,57

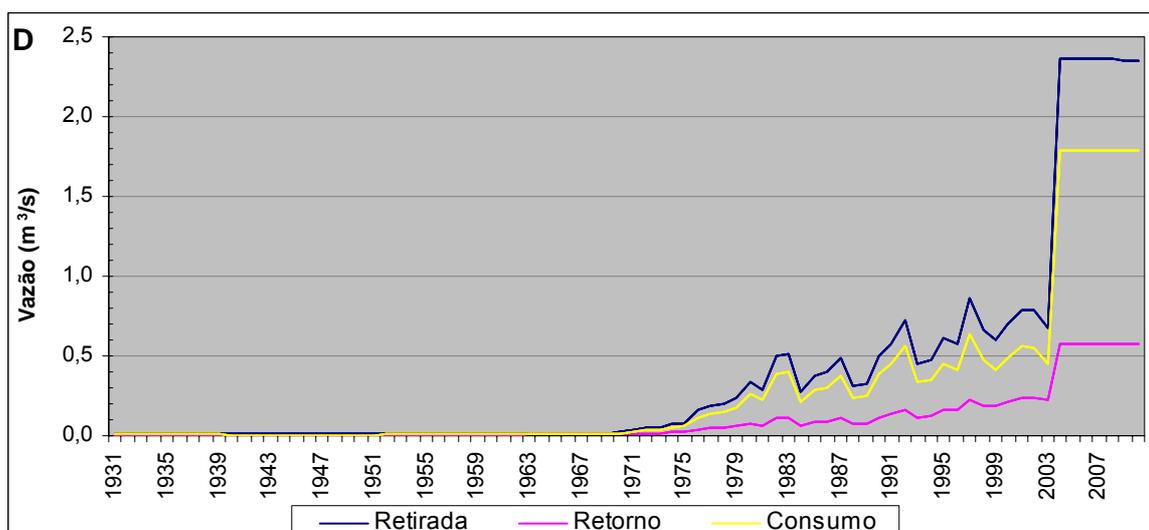
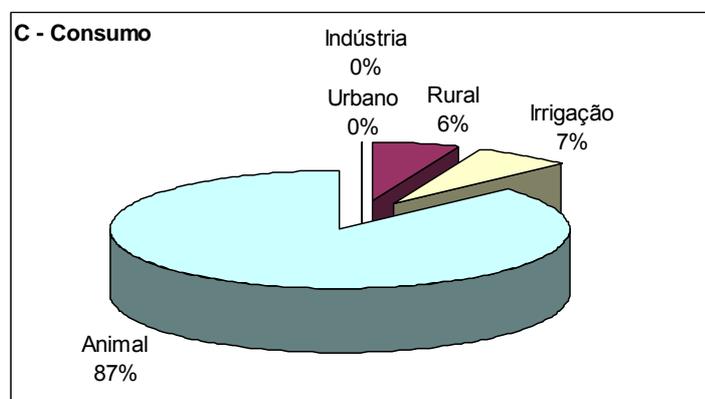
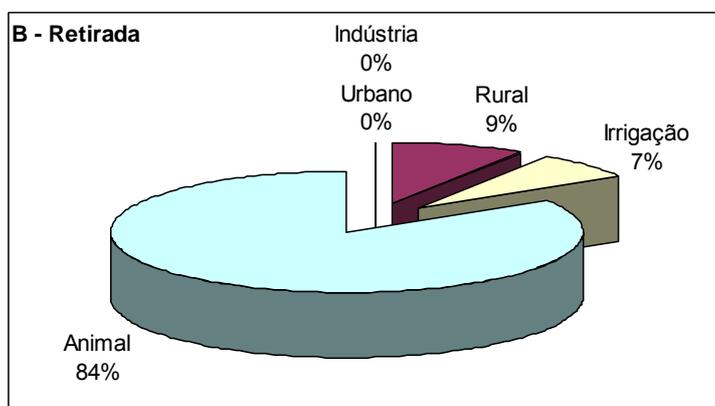
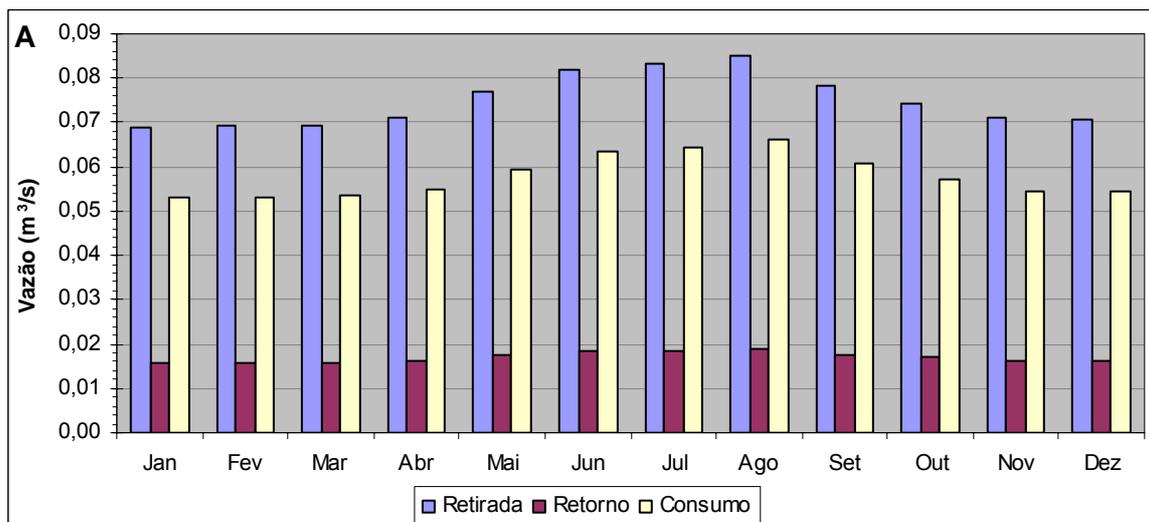


Figura 57. Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Jari, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.21. Bacia do Rio Jauru



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,01	0,01	0,06	0,00	0,08
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01

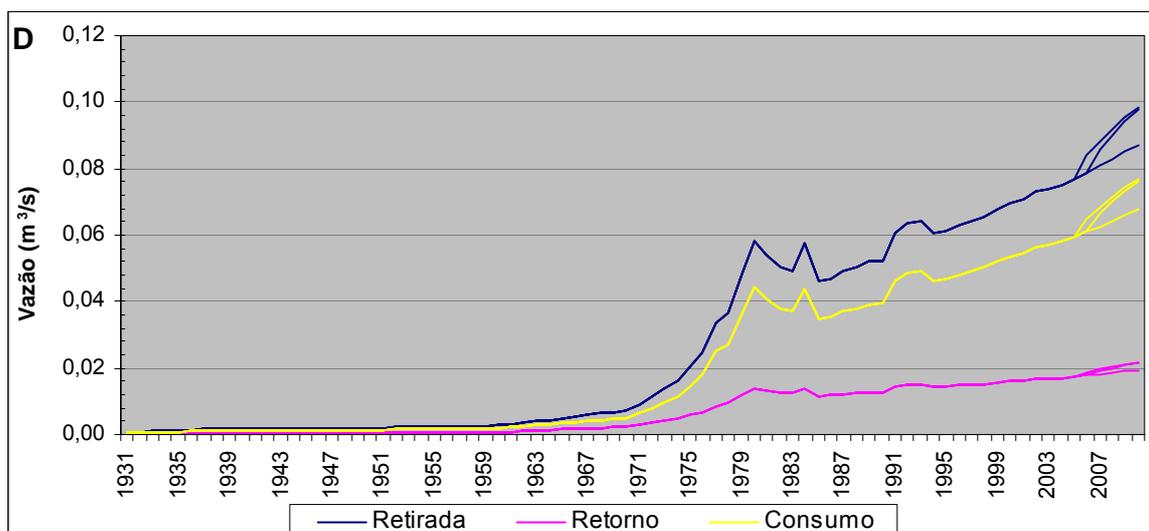
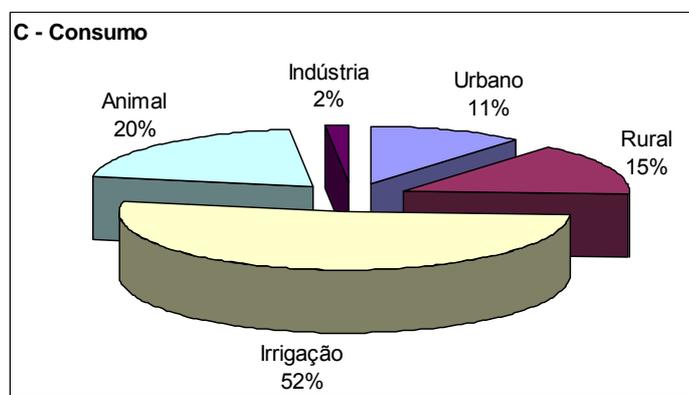
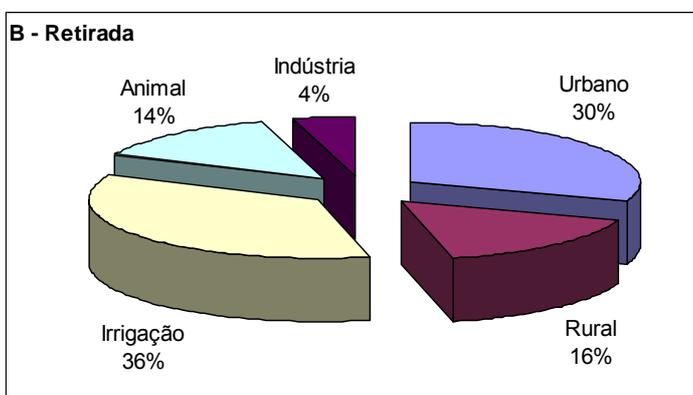
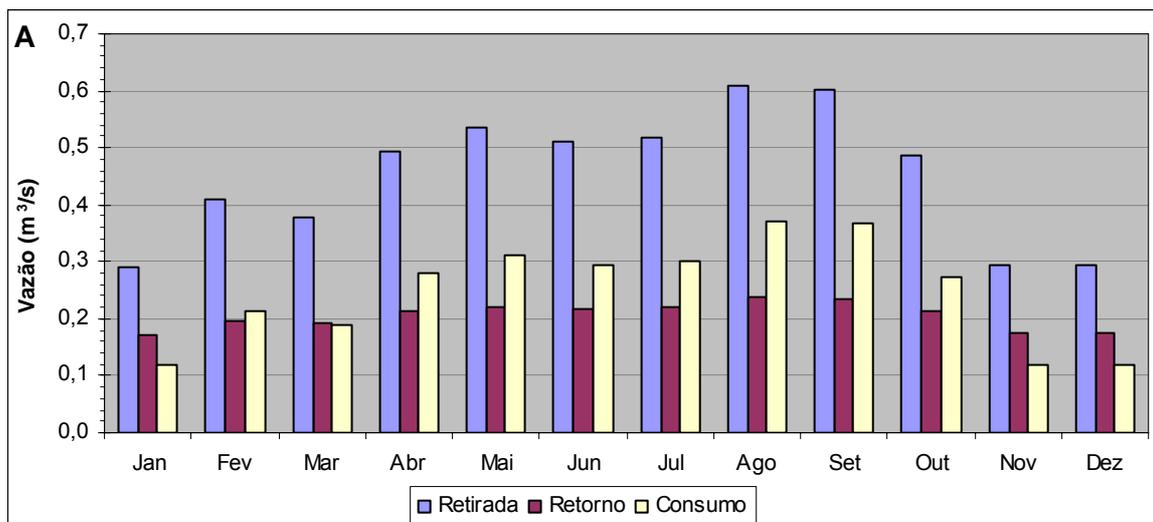


Figura 58. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Jauru, na Bacia do Rio Jauru, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.22. Bacia do Rio Jequitinhonha



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,14	0,07	0,16	0,06	0,02	0,45
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,11	0,04	0,03	0,01	0,02	0,21

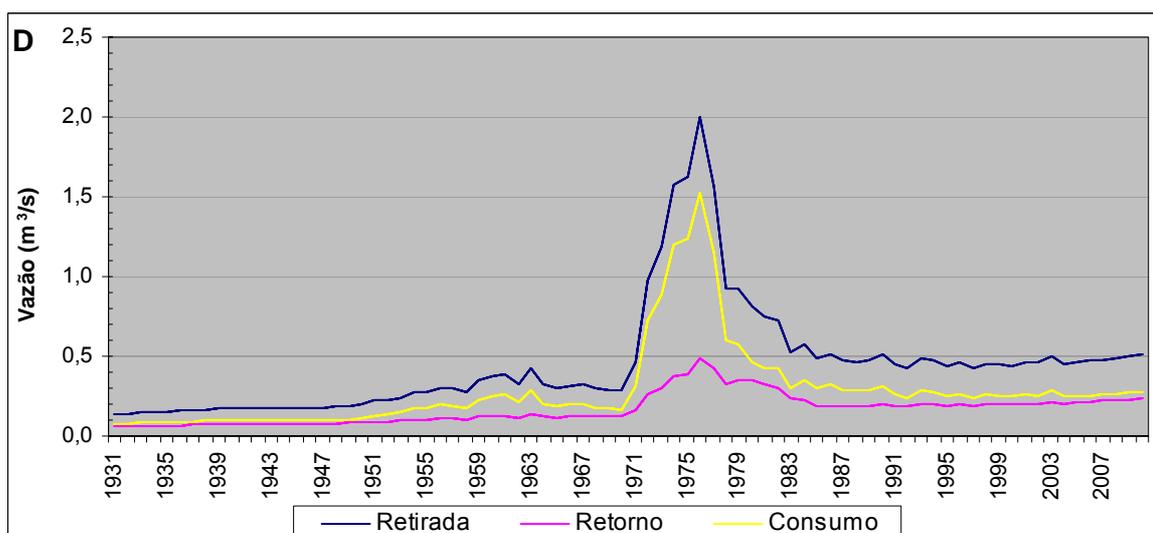
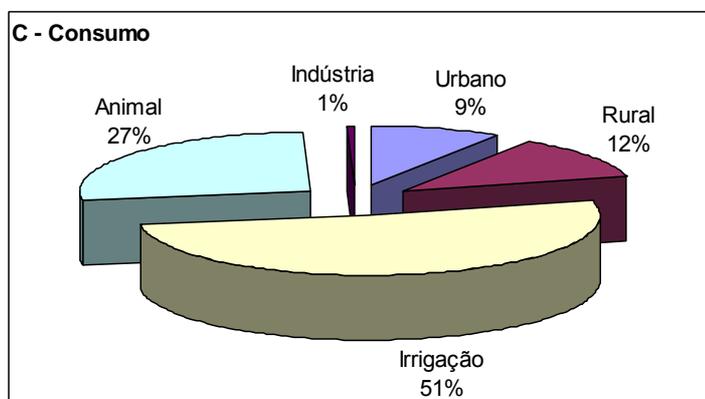
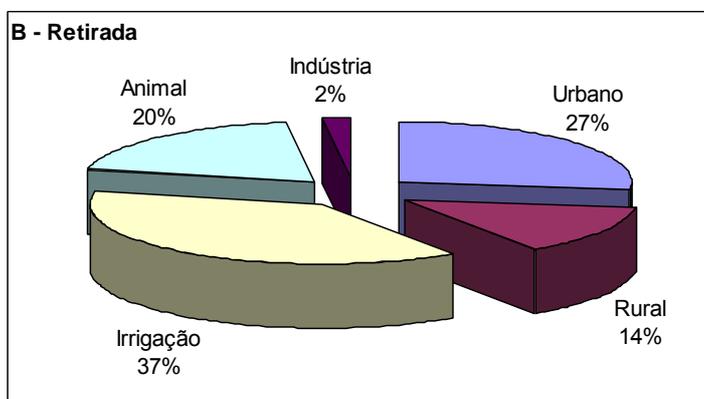
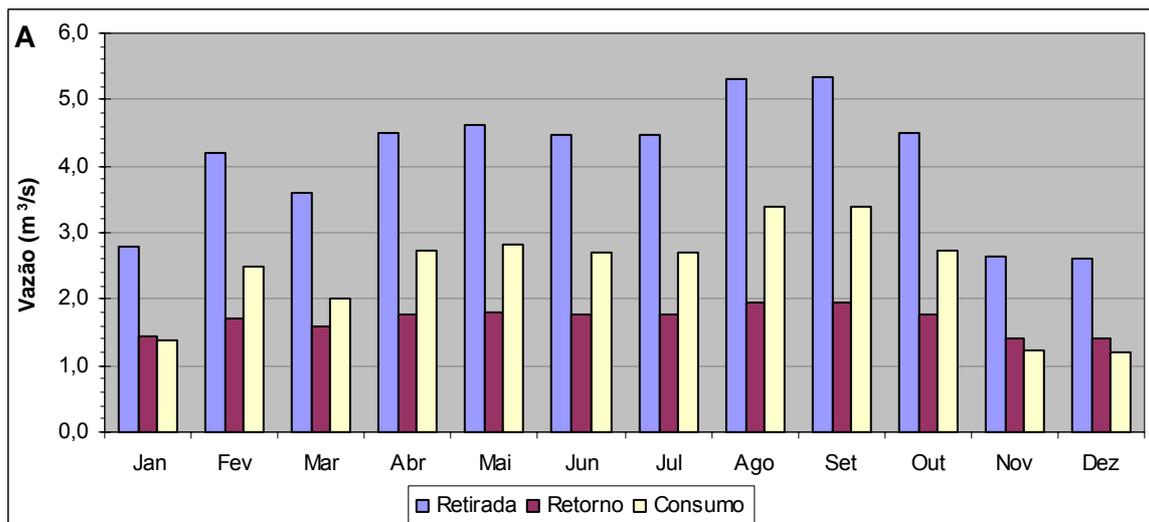


Figura 59. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Irapé, na Bacia do Rio Jequitinhonha, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	1,10	0,56	1,54	0,81	0,08	4,09
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,88	0,28	0,31	0,16	0,06	1,69

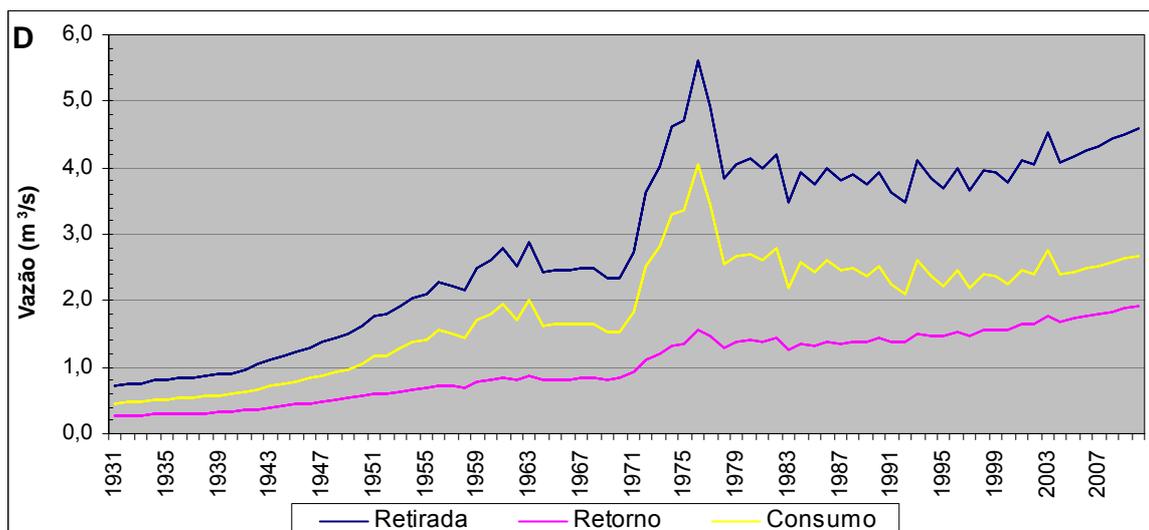
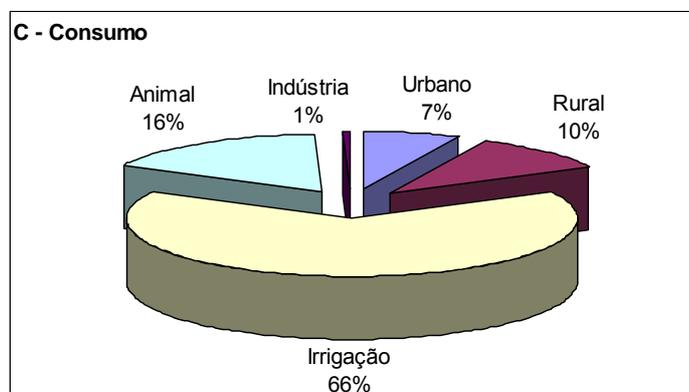
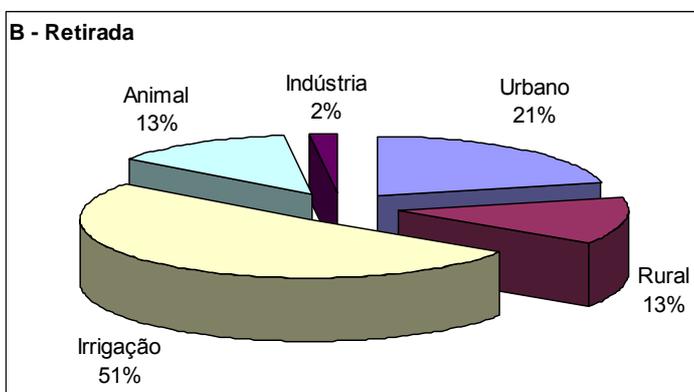
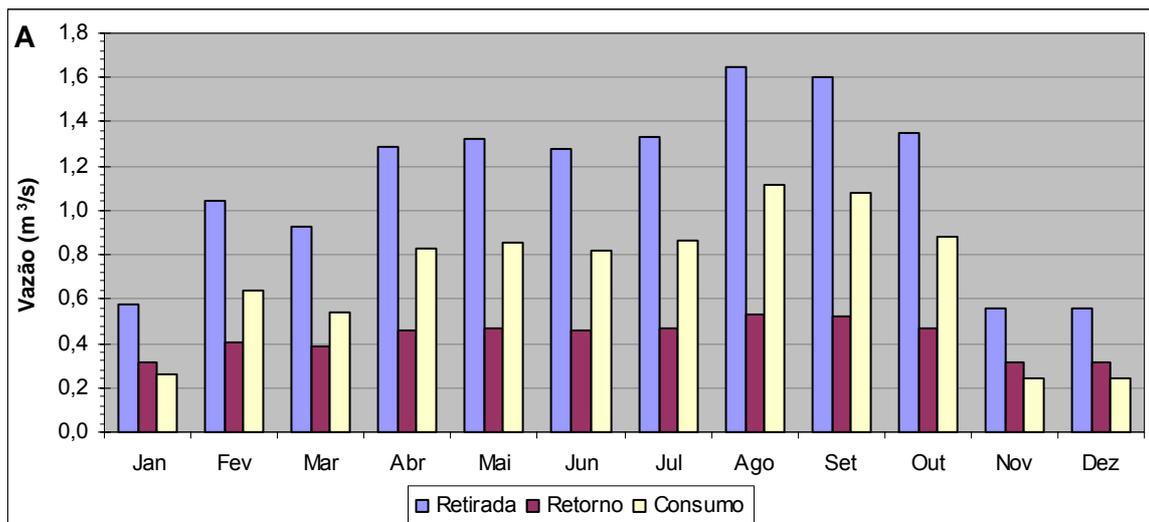


Figura 60 Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Itapebi, na Bacia do Rio Jequitinhonha, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,24	0,15	0,57	0,14	0,02	1,12
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,19	0,07	0,11	0,03	0,02	0,43

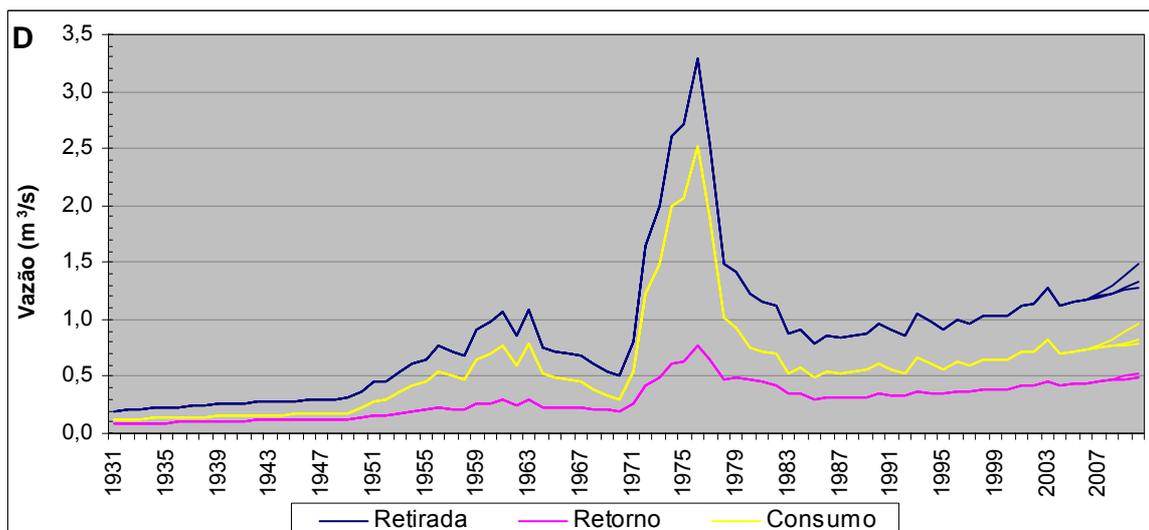
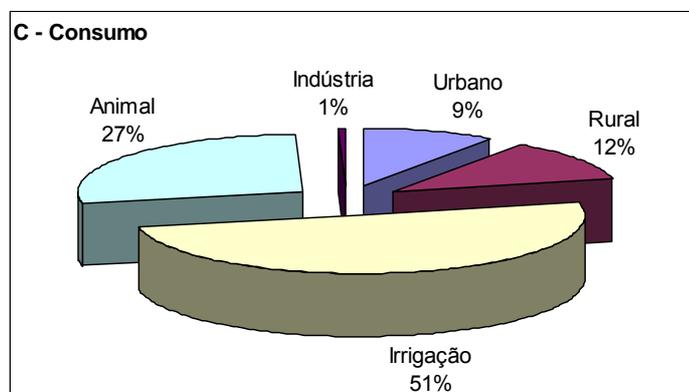
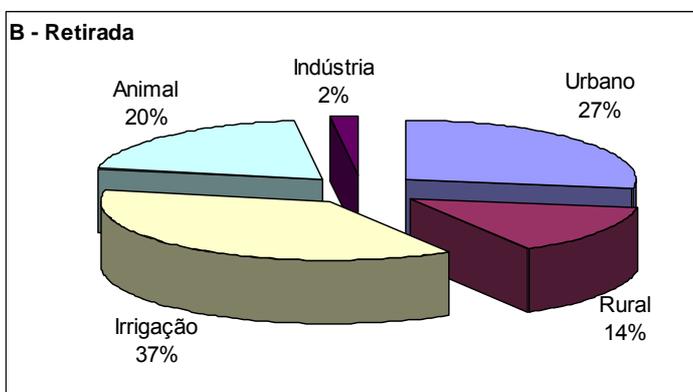
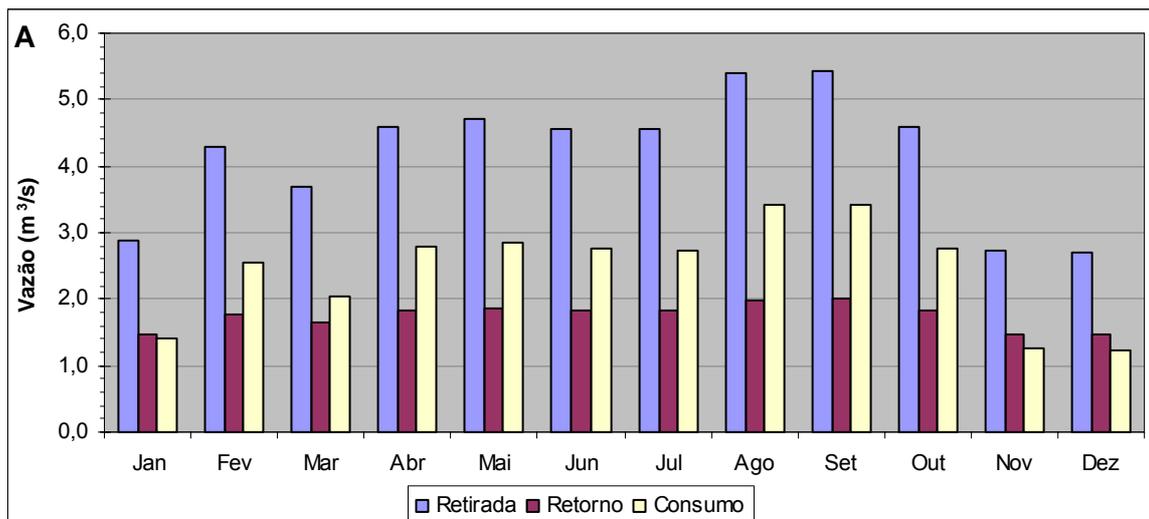


Figura 61. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Murta, na Bacia do Rio Jequitinhonha, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m ³ .s ⁻¹)	1,15	0,58	1,54	0,83	0,08	4,18
Retorno (m ³ .s ⁻¹)	0,92	0,29	0,31	0,17	0,06	1,75

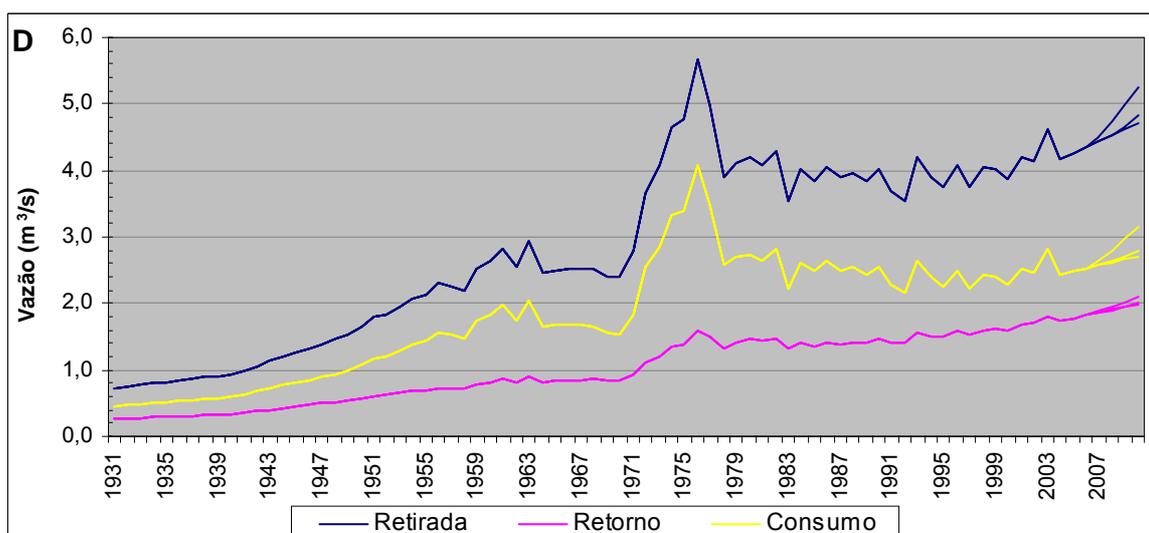
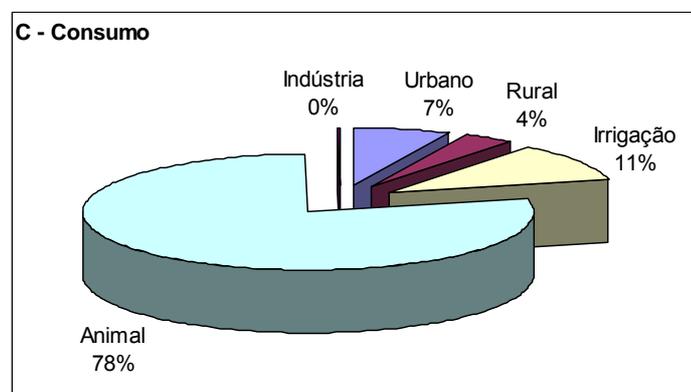
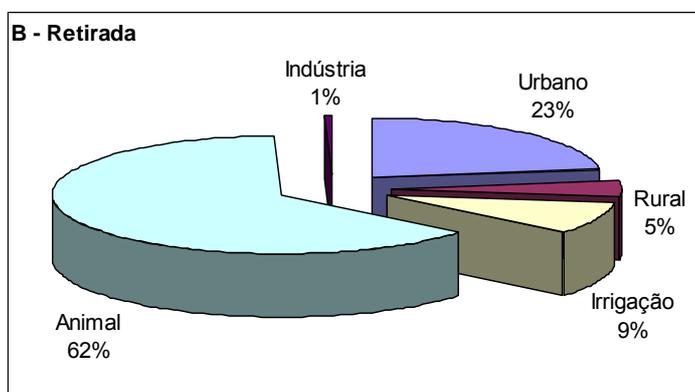
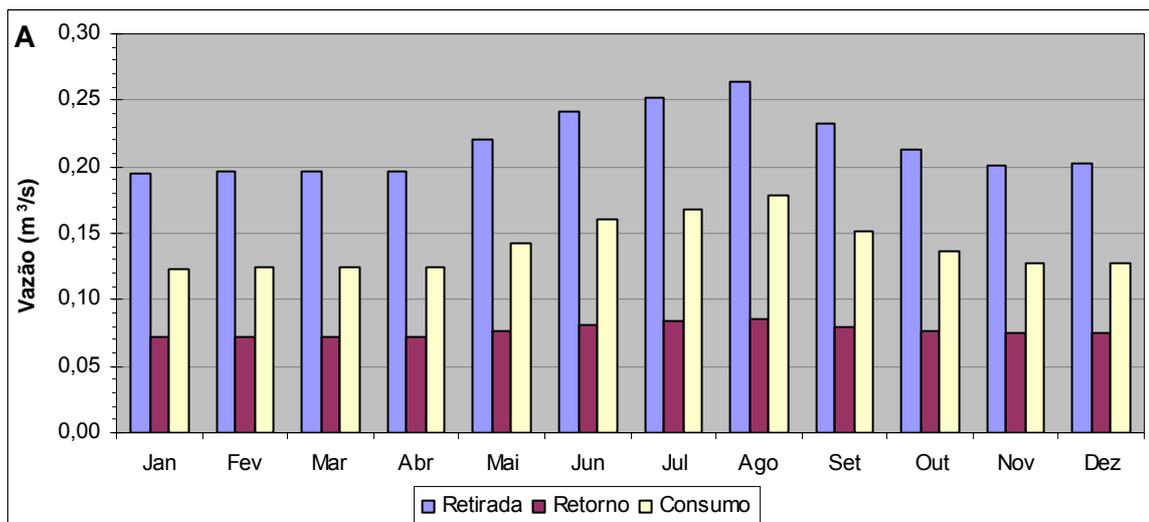


Figura 62. Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Jequitinhonha, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.23. Bacia do Rio Manso



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,05	0,01	0,02	0,14	0,00	0,22
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,04	0,01	0,00	0,03	0,00	0,08

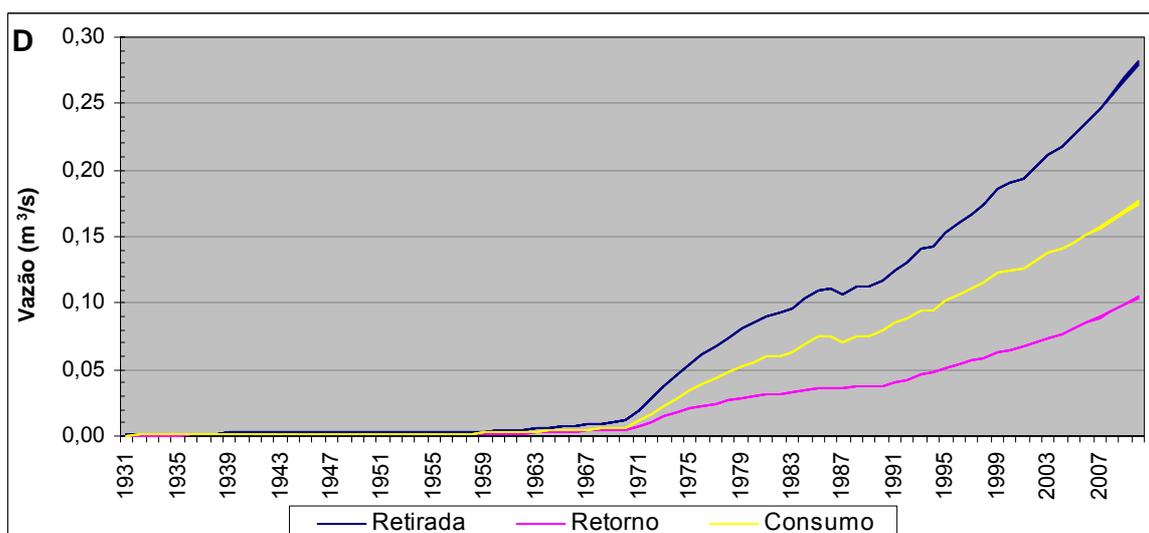
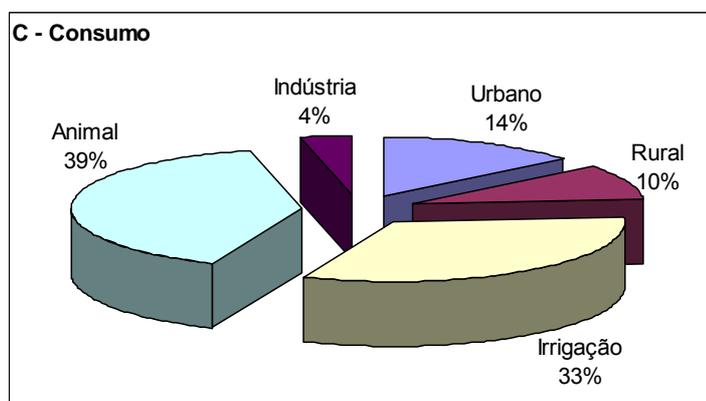
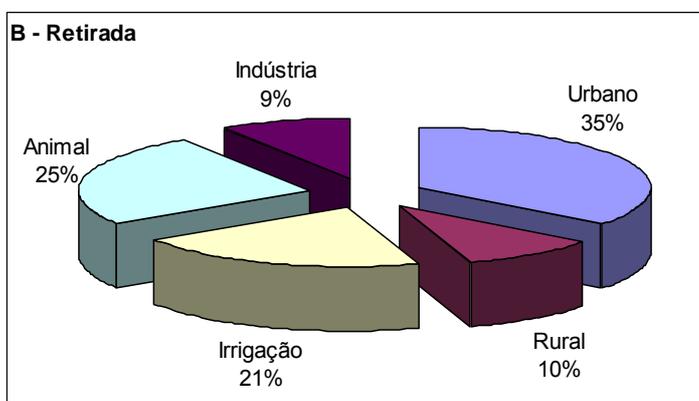
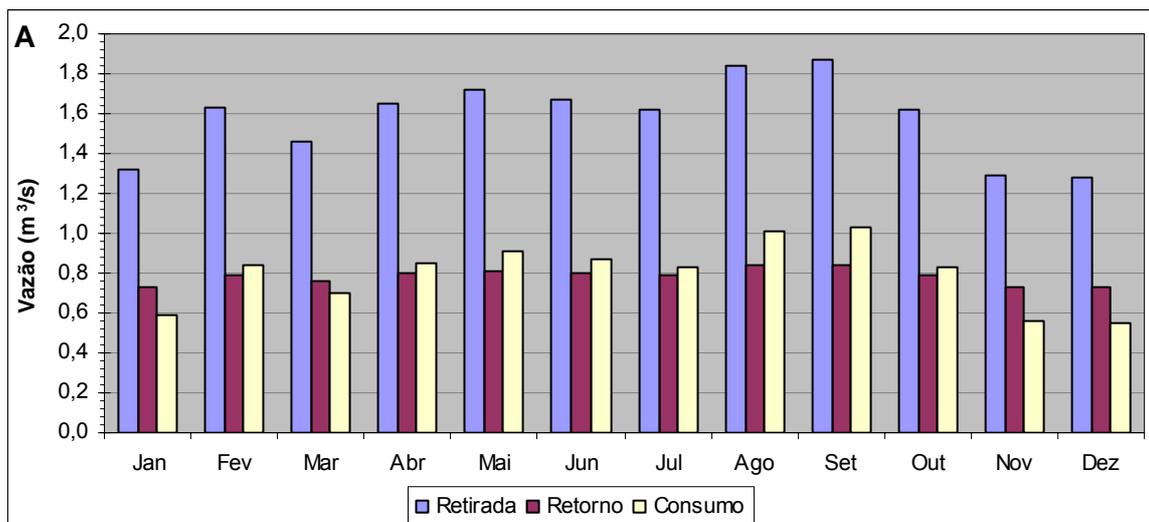


Figura 63. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Manso, na Bacia do Rio Manso, para o ano de 2004 (A,B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.24. Bacia do Rio Mucuri



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	0,56	0,15	0,33	0,40	0,14	1,58
Retorno (m³.s⁻¹)	0,45	0,08	0,06	0,08	0,11	0,78

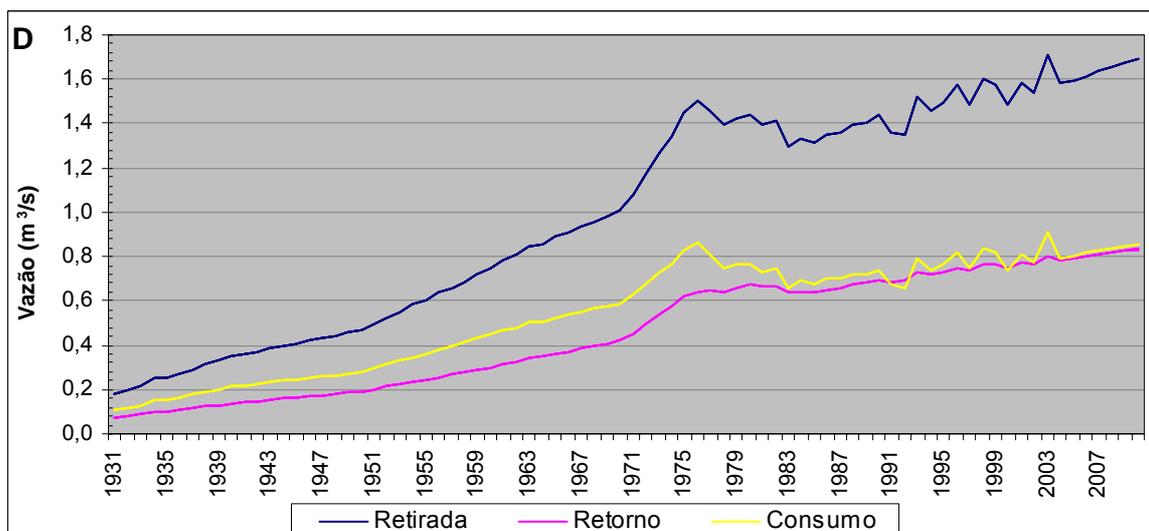
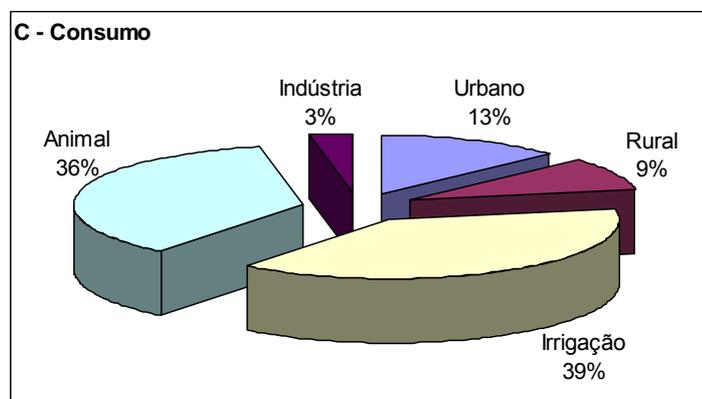
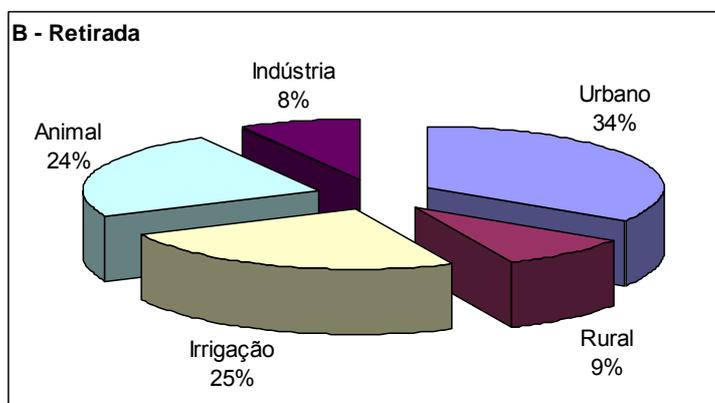
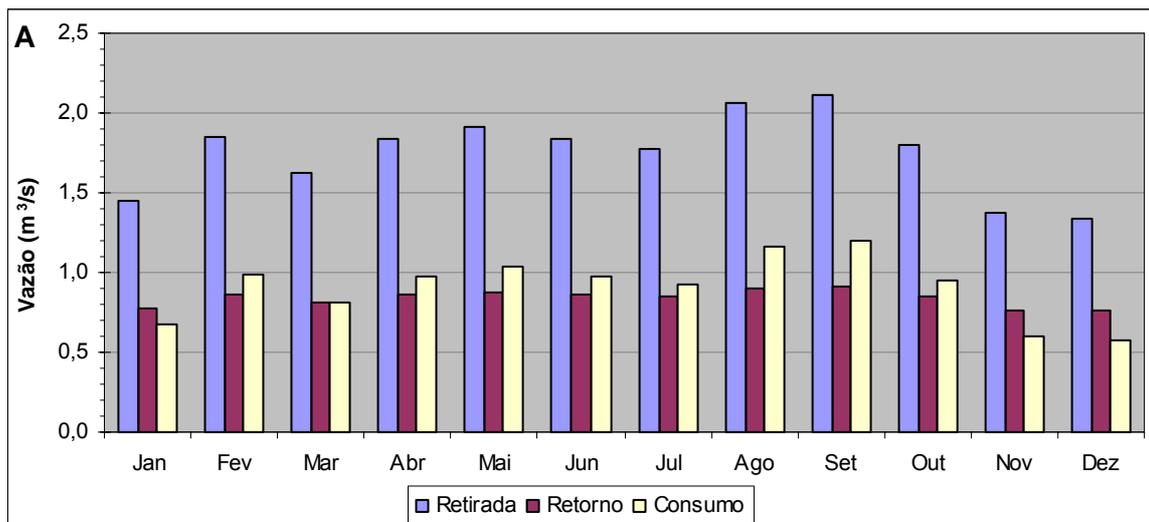


Figura 64. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Santa Clara, na Bacia do Rio Mucuri, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,59	0,16	0,43	0,41	0,15	1,75
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,48	0,08	0,09	0,08	0,12	0,84

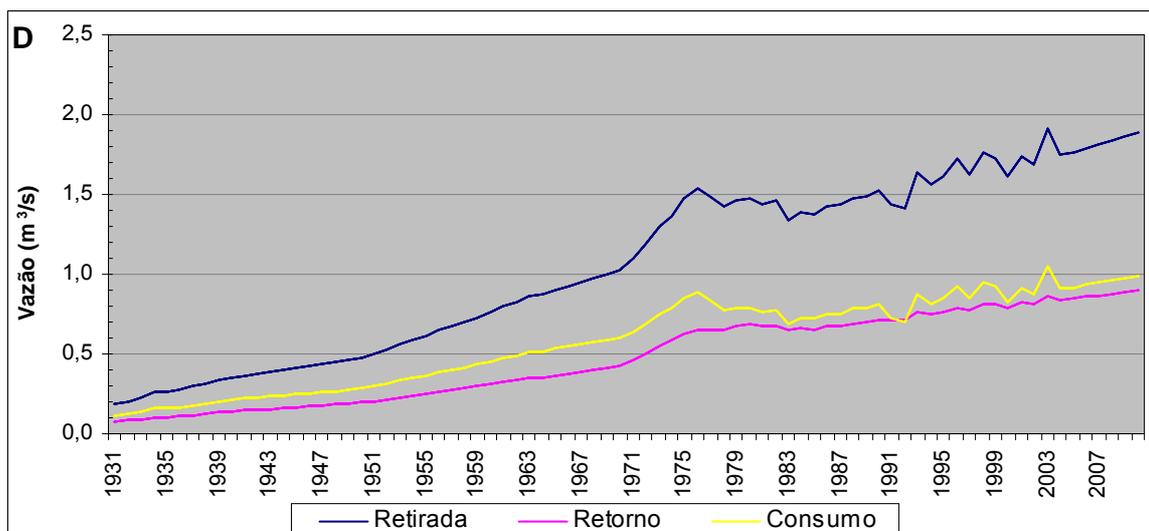
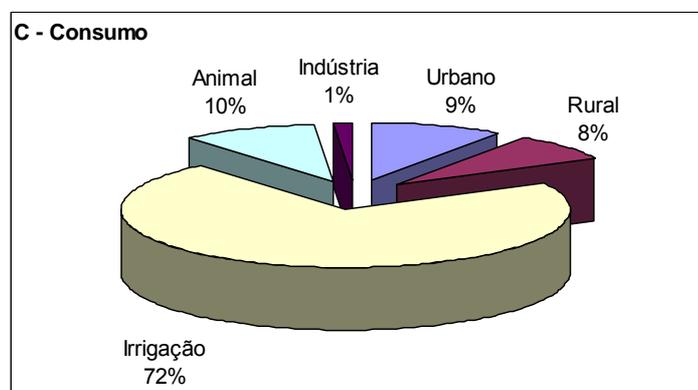
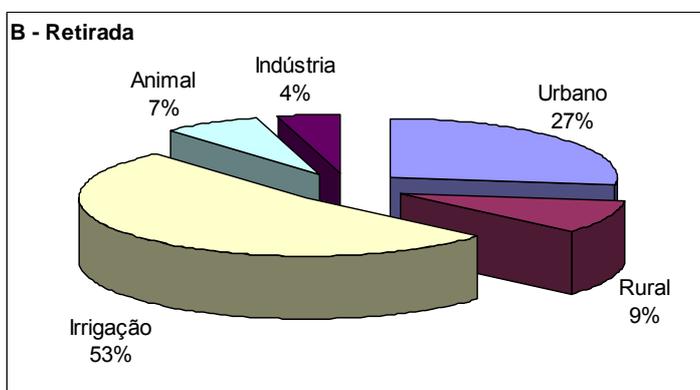
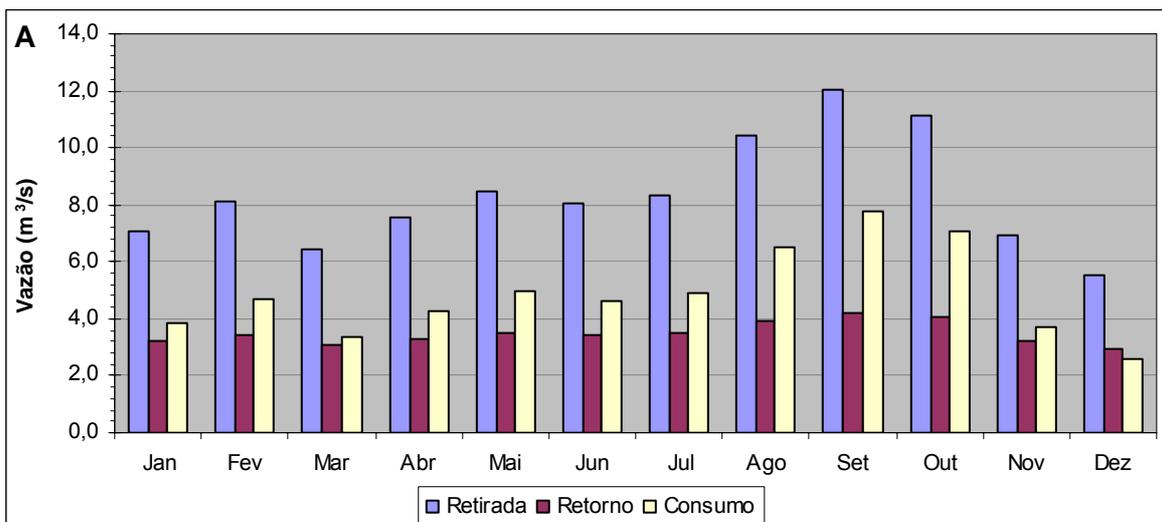


Figura 65. Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Mucuri, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.25. Bacia do Rio Paraguaçu



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	2,27	0,75	4,37	0,58	0,36	8,34
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	1,82	0,38	0,88	0,12	0,29	3,48

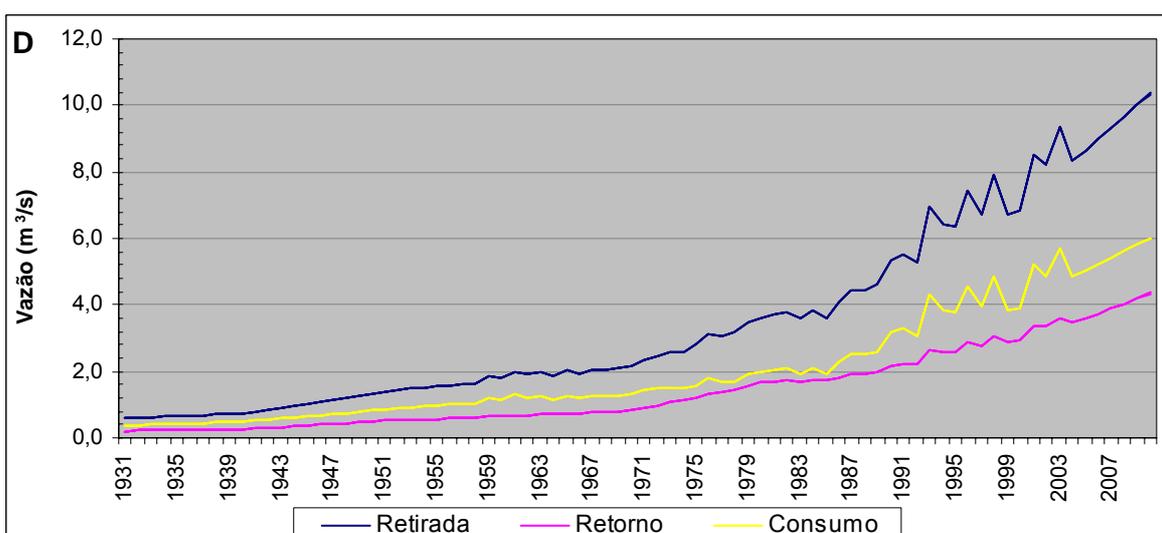
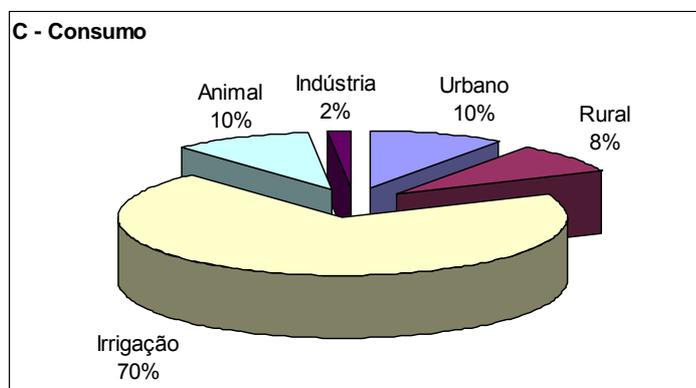
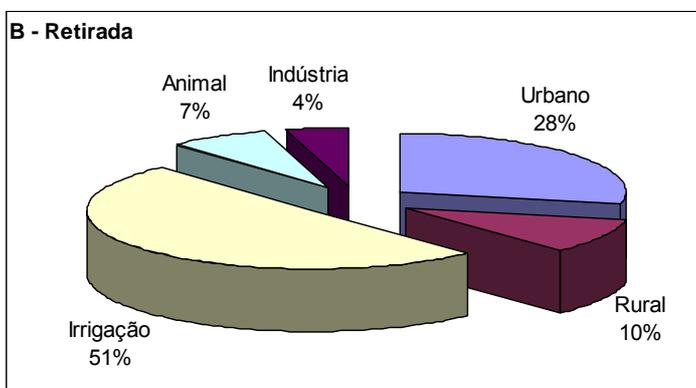
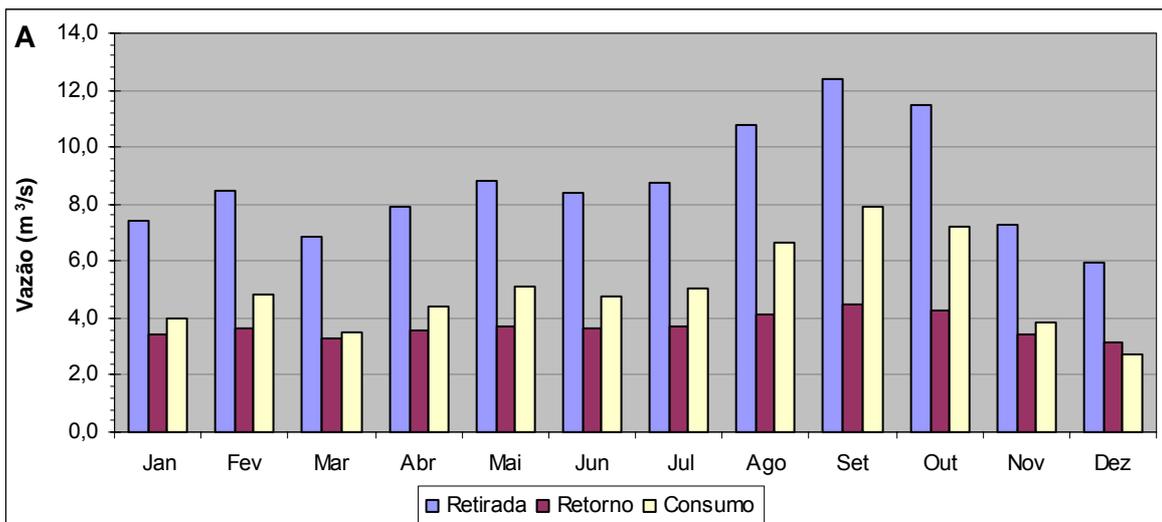


Figura 66. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Pedra do Cavalo, na Bacia do Rio Paraguaçu, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	2,46	0,84	4,38	0,64	0,39	8,71
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	1,97	0,42	0,88	0,13	0,31	3,71

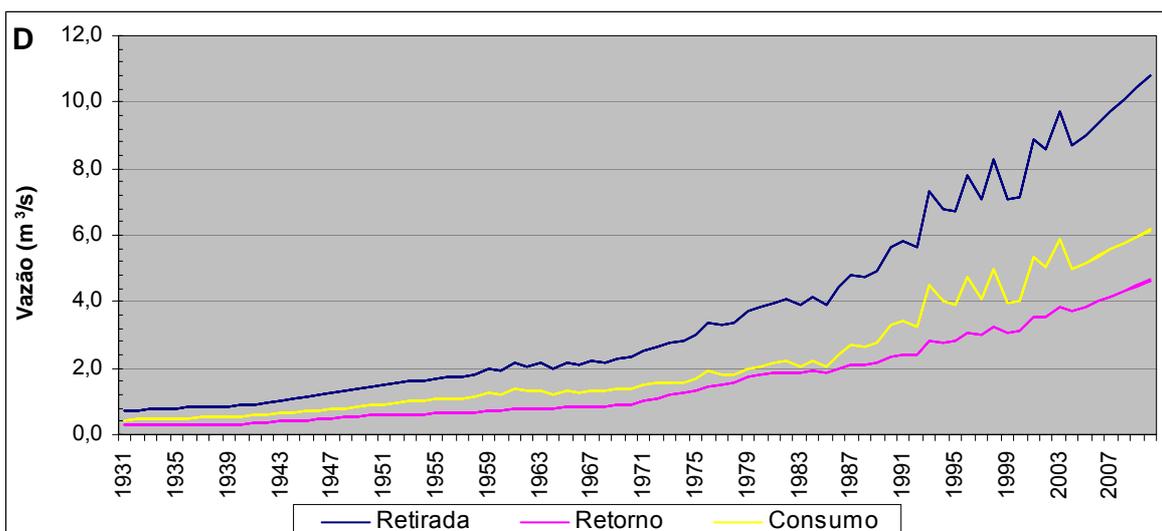
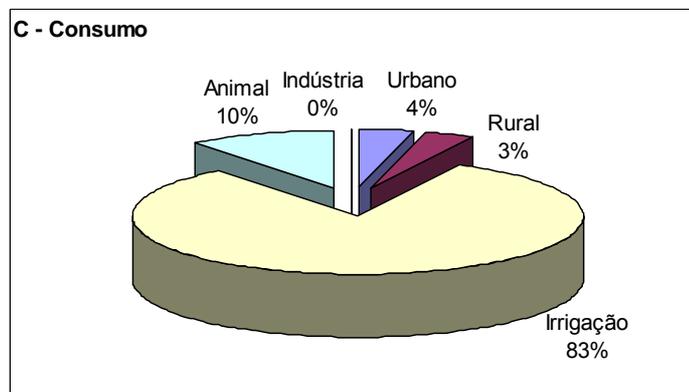
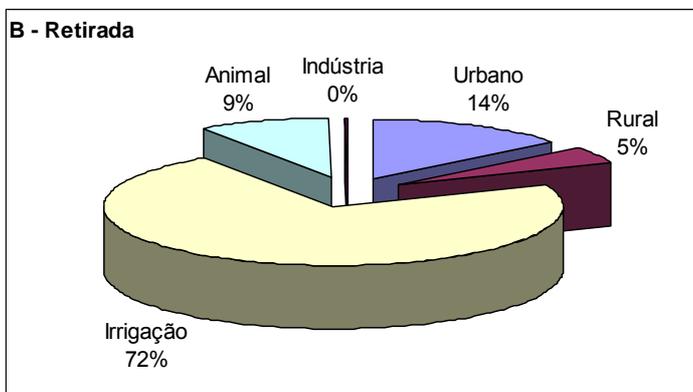
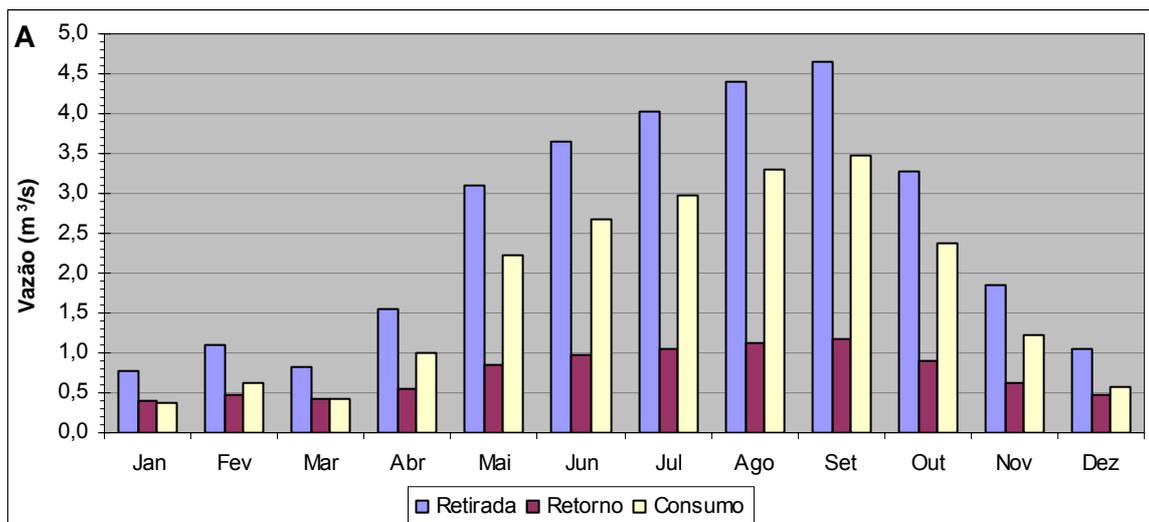


Figura 67. Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Paraguaçu, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.26. Bacia do Rio Parnaíba



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	0,36	0,12	1,81	0,23	0,01	2,52
Retorno (m³.s⁻¹)	0,28	0,06	0,35	0,05	0,01	0,75

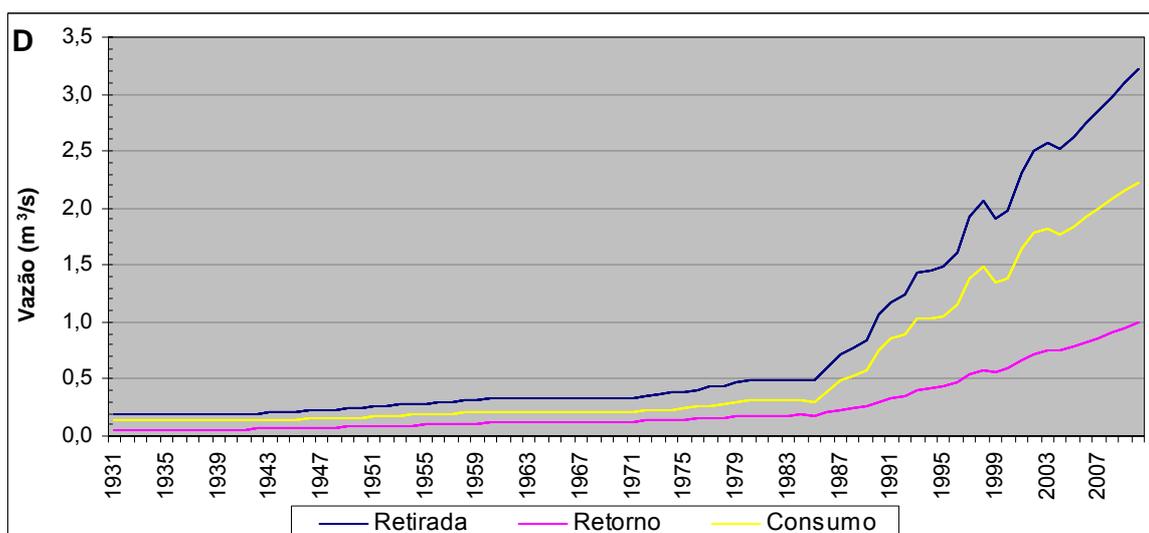
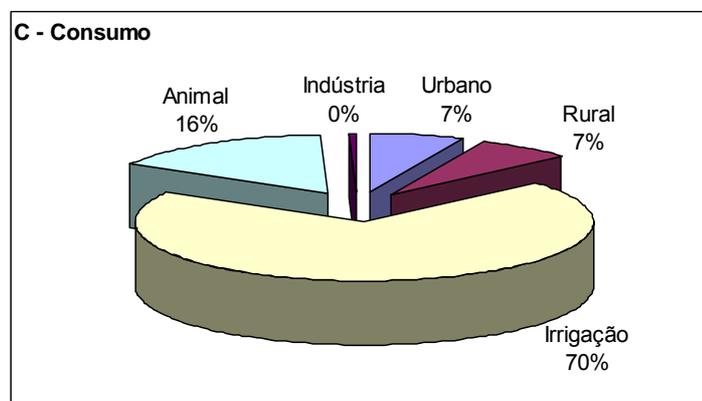
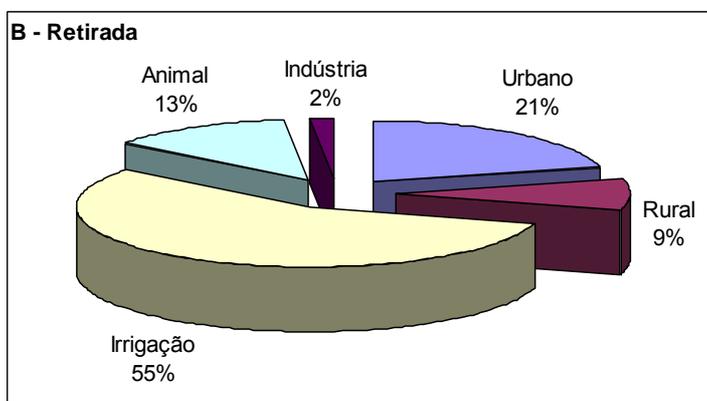
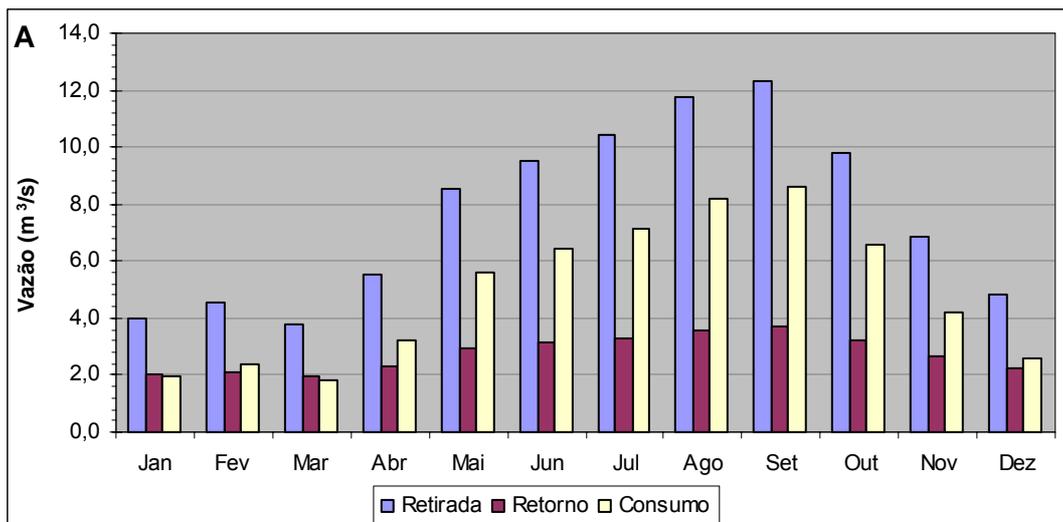


Figura 68. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Boa Esperança, na Bacia do Rio Parnaíba, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	1,61	0,65	4,28	0,99	0,12	7,65
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	1,29	0,33	0,85	0,20	0,09	2,76

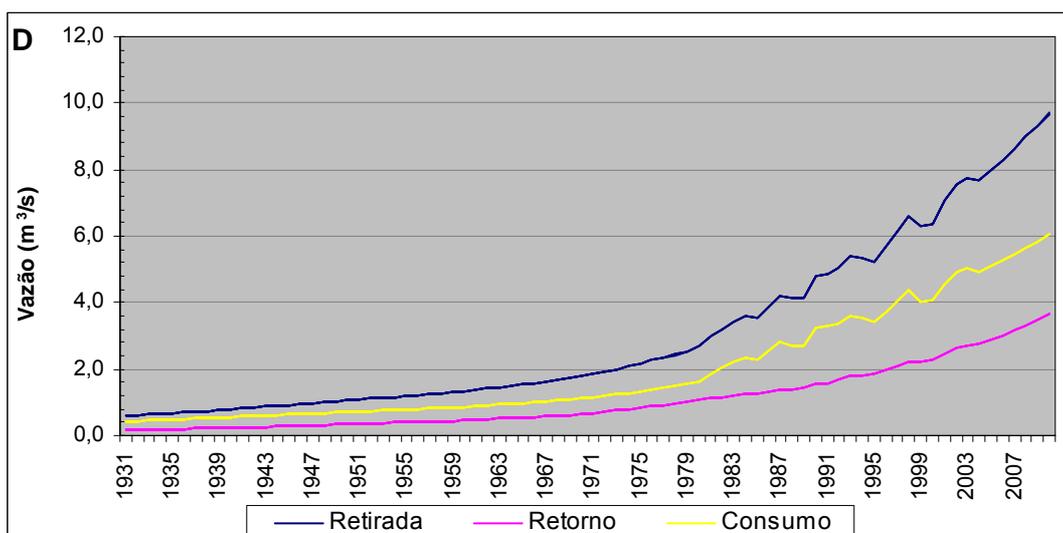
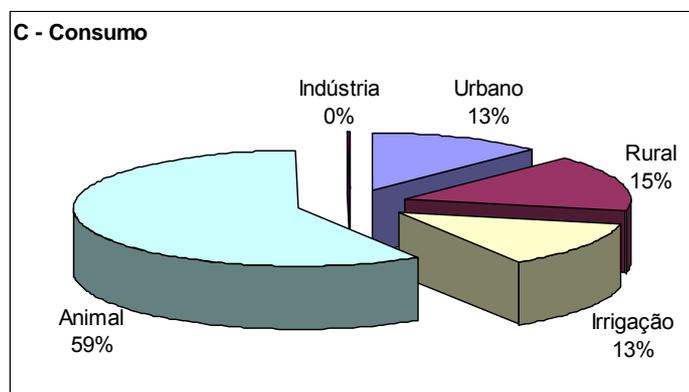
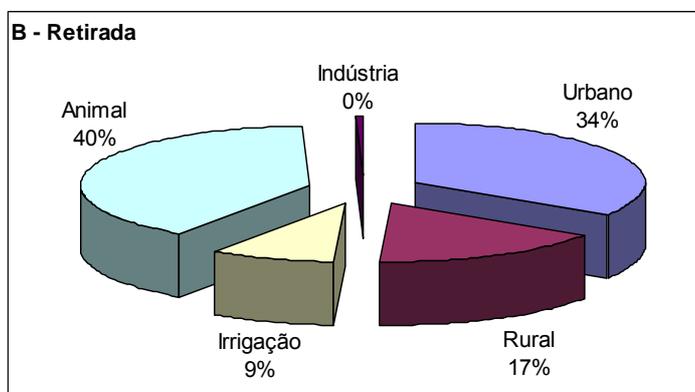
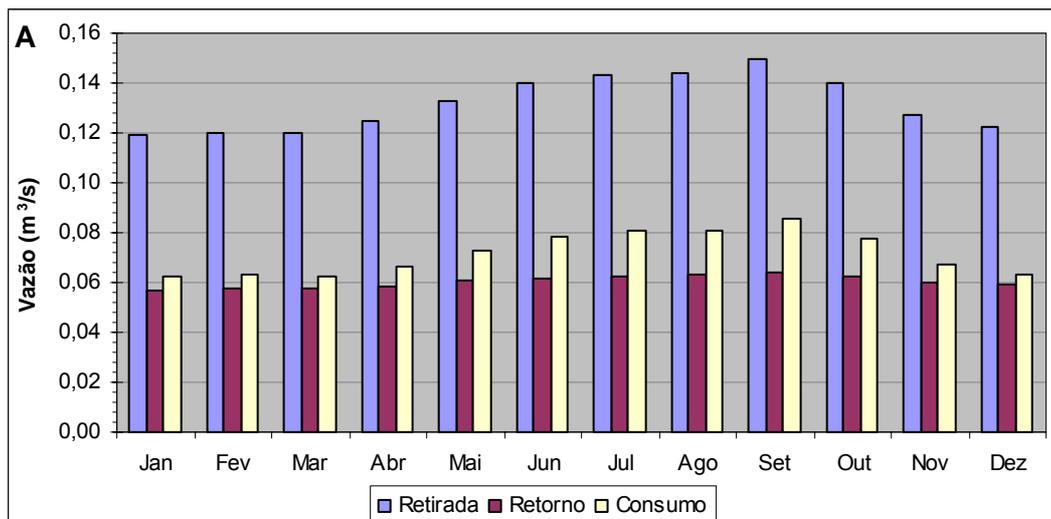


Figura 69. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Castelhanos, na Bacia do Rio Parnaíba, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,05	0,02	0,01	0,05	0,00	0,13
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,06

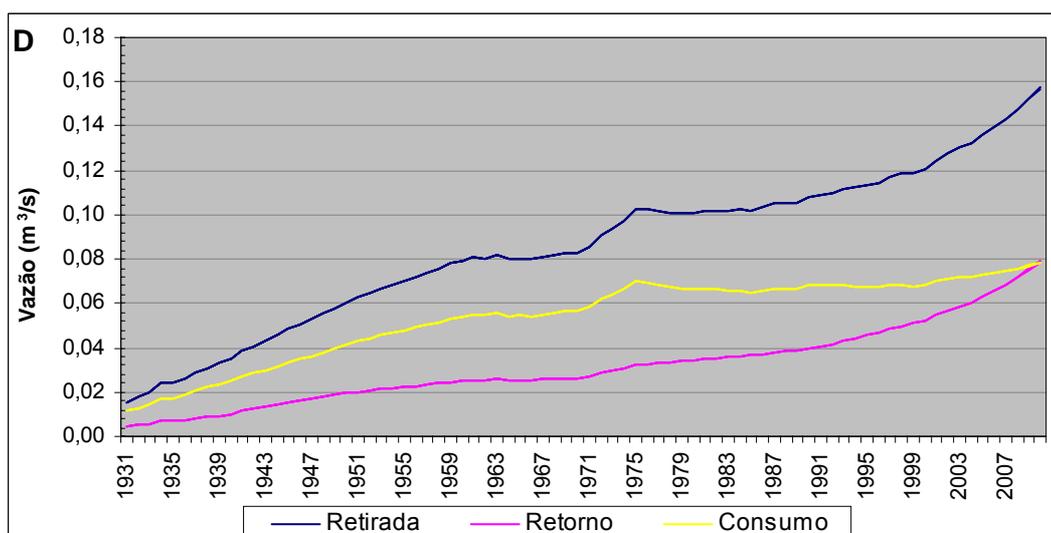
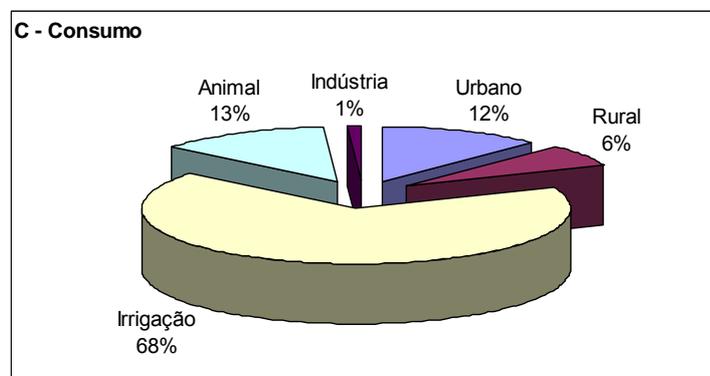
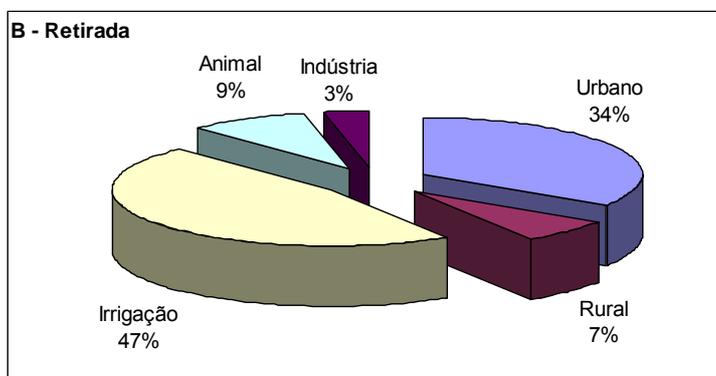
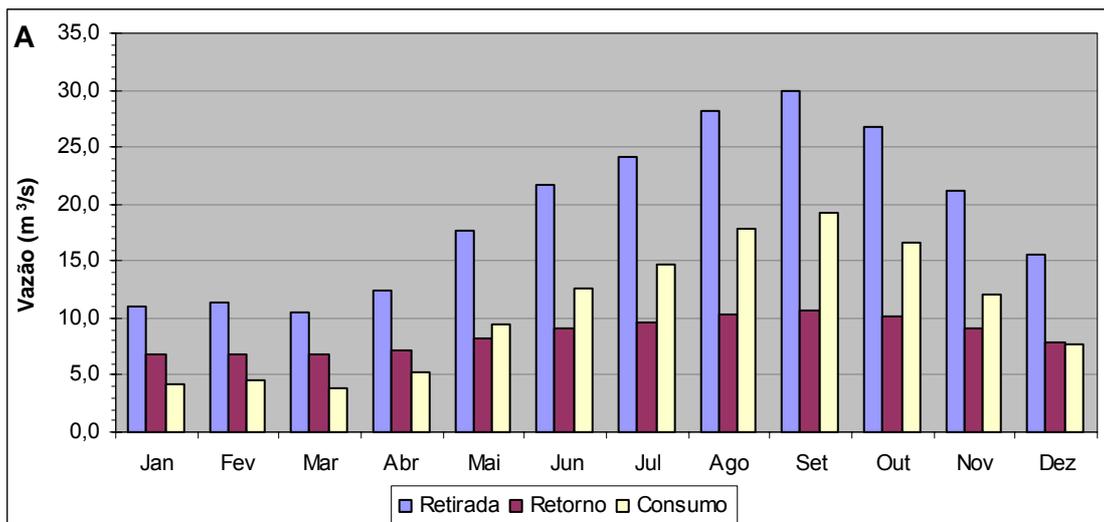


Figura 70. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Ribeiro Gonçalves, na Bacia do Rio Parnaíba, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s ⁻¹)	6,55	1,34	8,96	1,72	0,64	19,21
Retorno (m³.s ⁻¹)	5,24	0,67	1,78	0,34	0,52	8,55

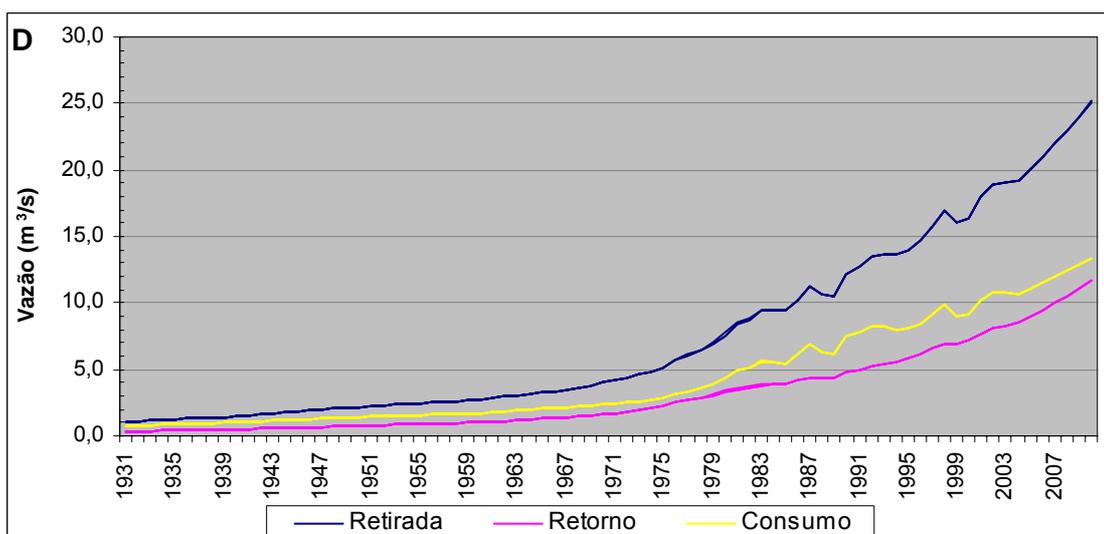
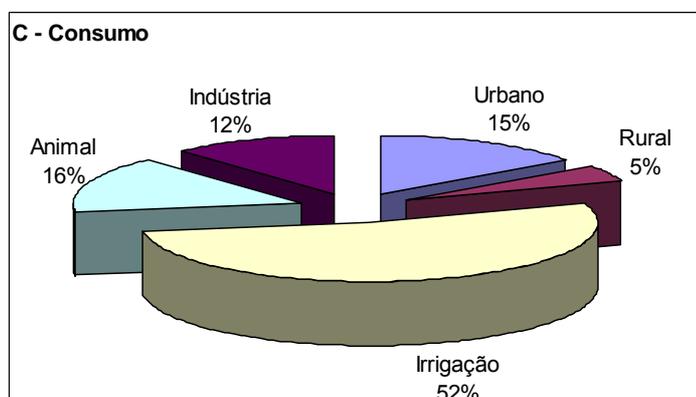
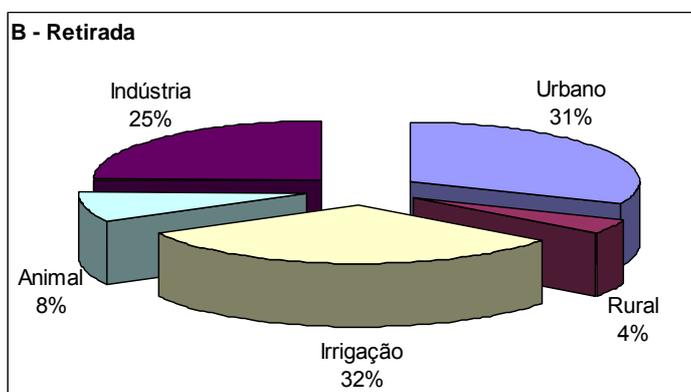
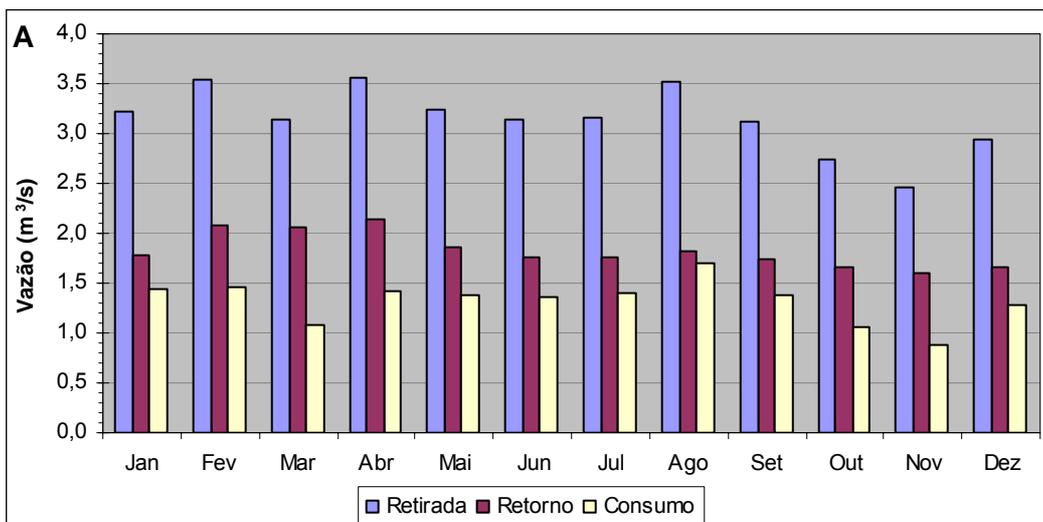


Figura 71. Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Parnaíba, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.27. Bacia do Rio Paraíba do Sul



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,99	0,12	1,00	0,26	0,78	3,15
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,79	0,06	0,30	0,05	0,63	1,83

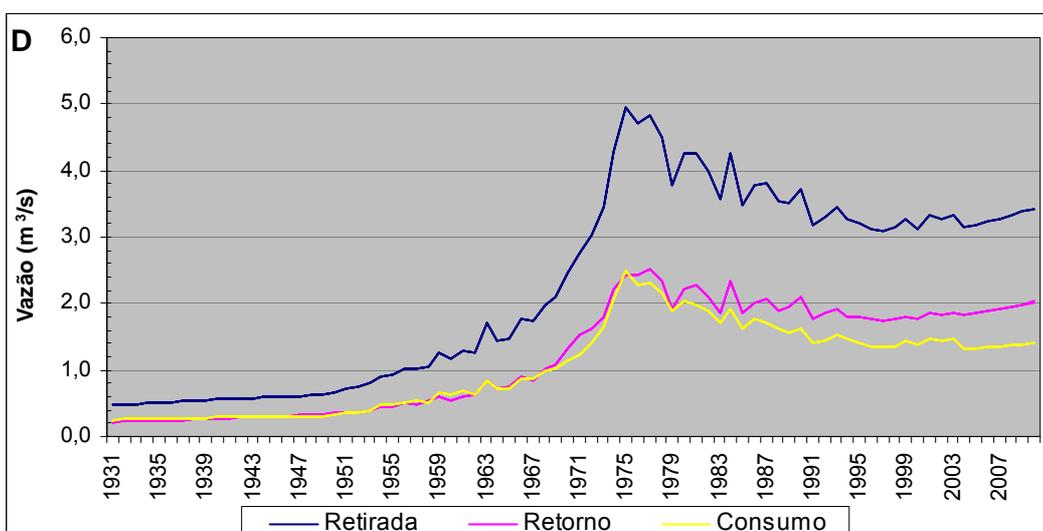
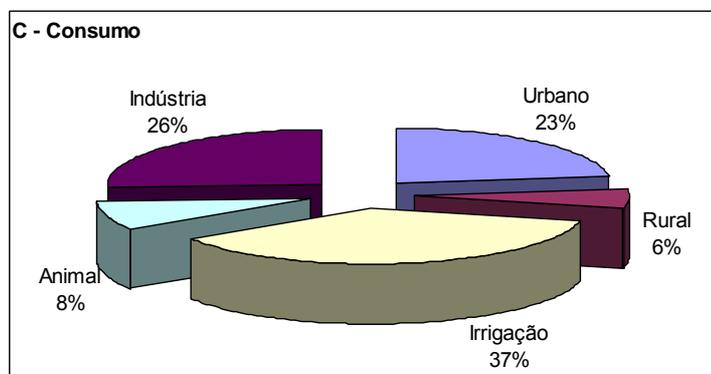
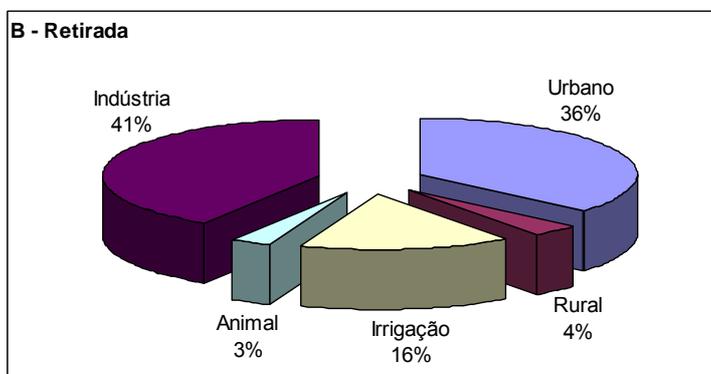
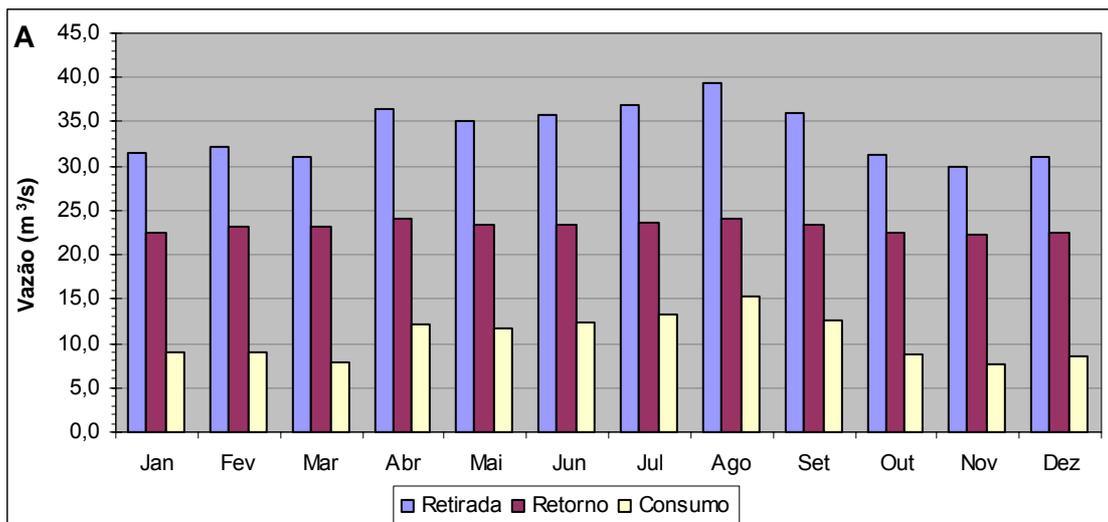


Figura 72. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Barra do Braúna, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	12,35	1,20	5,35	1,09	13,90	33,88
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	9,88	0,60	1,38	0,22	11,13	23,21

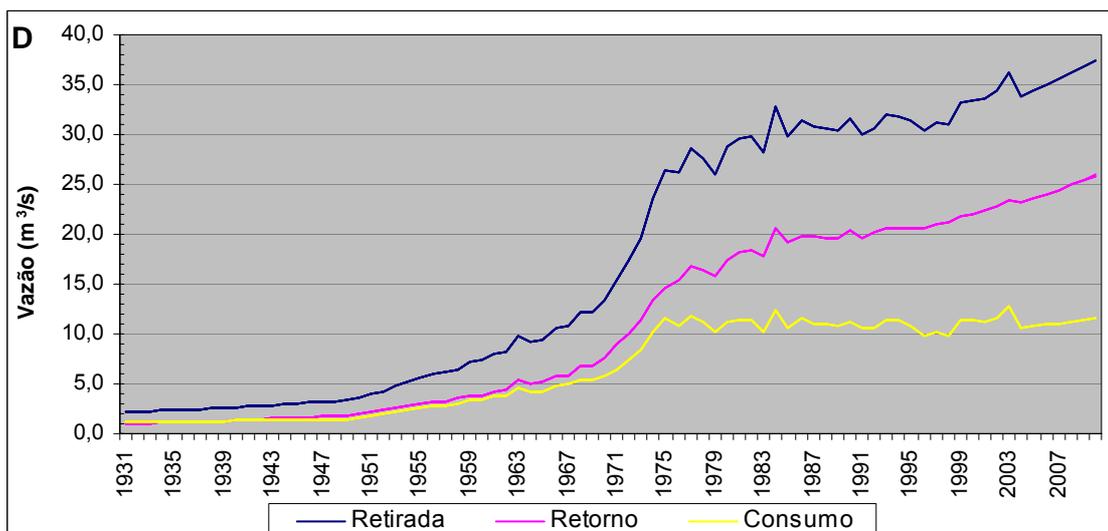
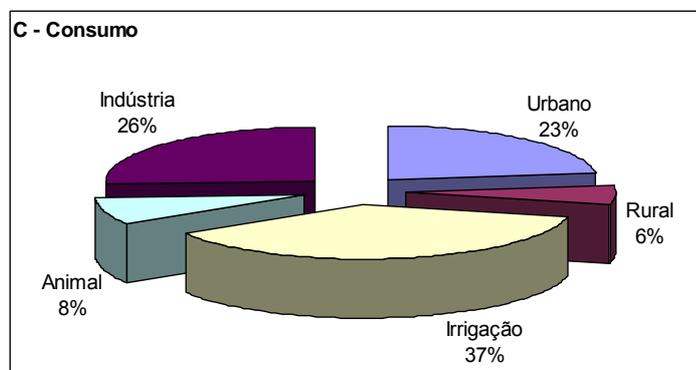
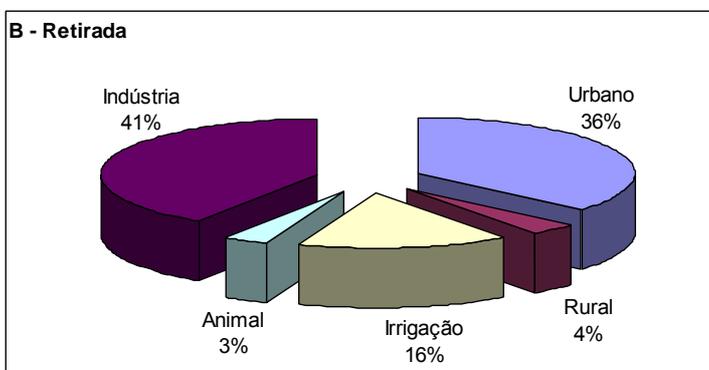
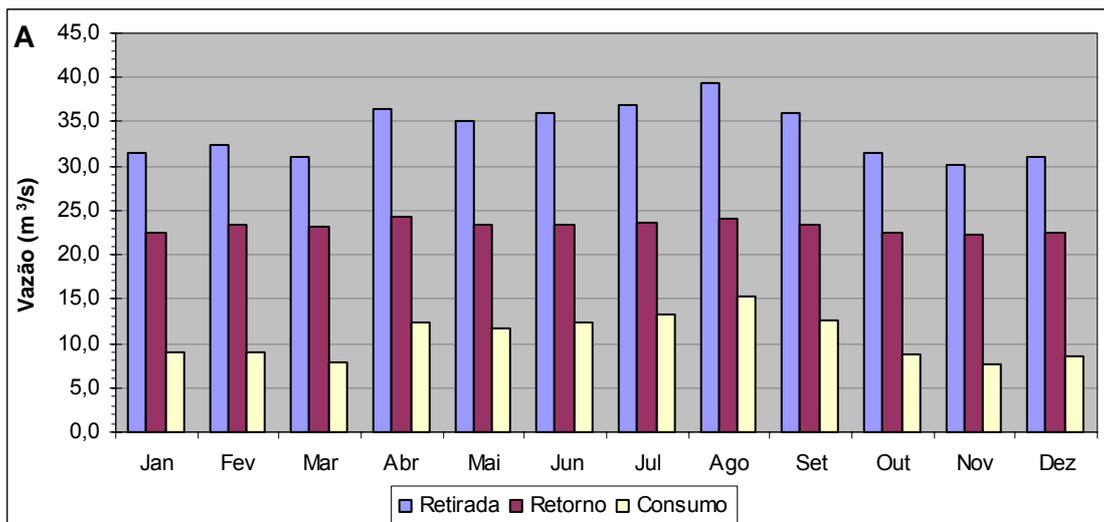


Figura 73. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Barra do Pombo, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	12,35	1,20	5,42	1,10	13,90	33,96
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	9,88	0,60	1,40	0,22	11,13	23,23

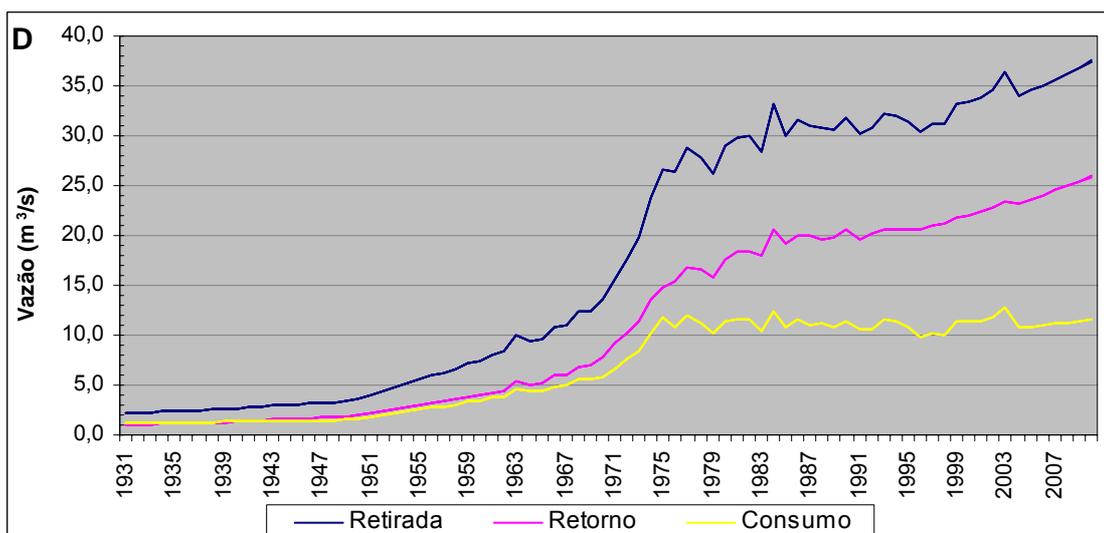
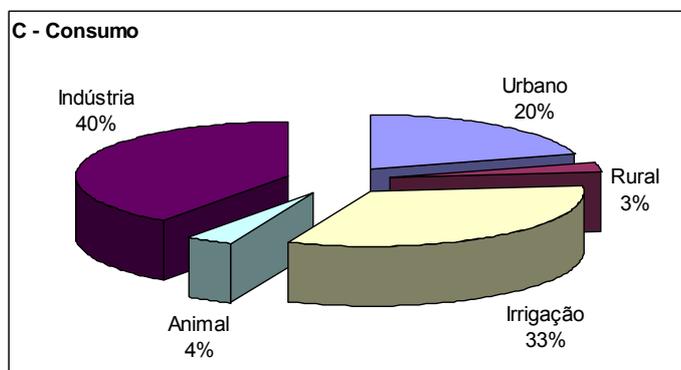
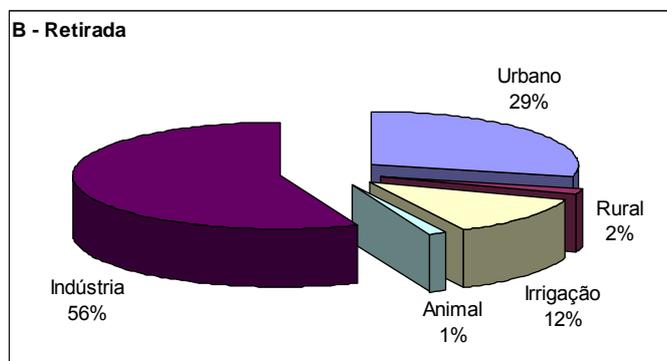
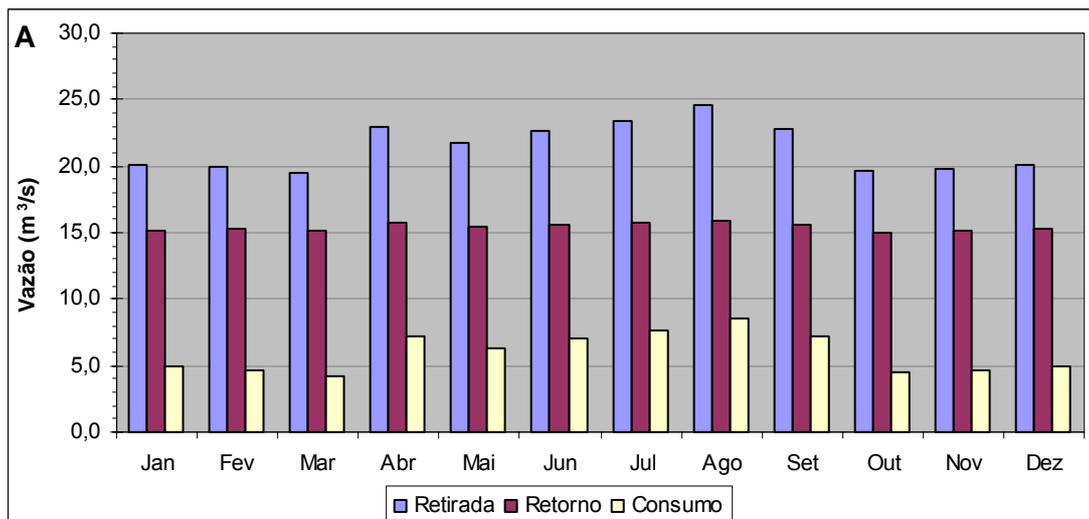


Figura 74. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Cambuci, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	6,14	0,33	2,66	0,29	12,03	21,44
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	4,91	0,17	0,68	0,06	9,64	15,45

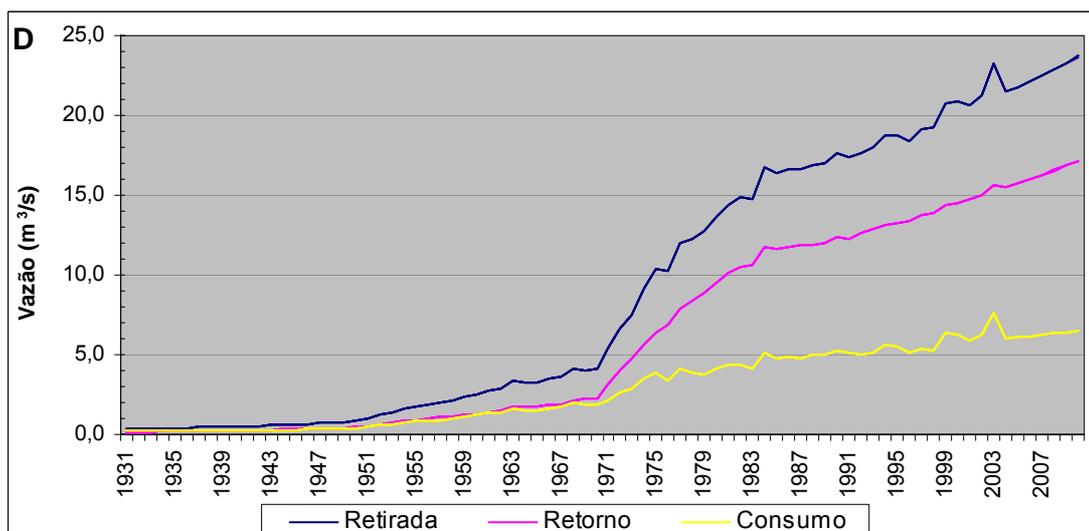
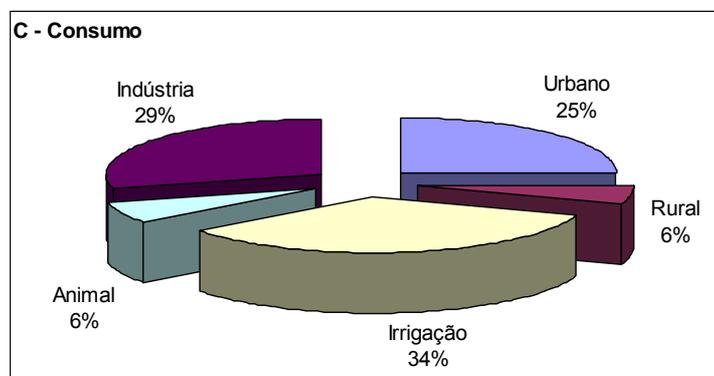
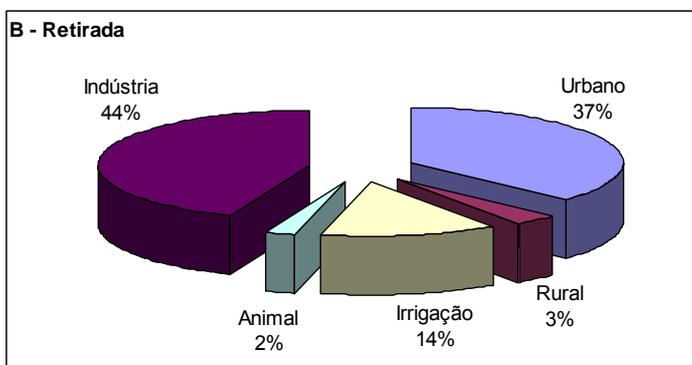
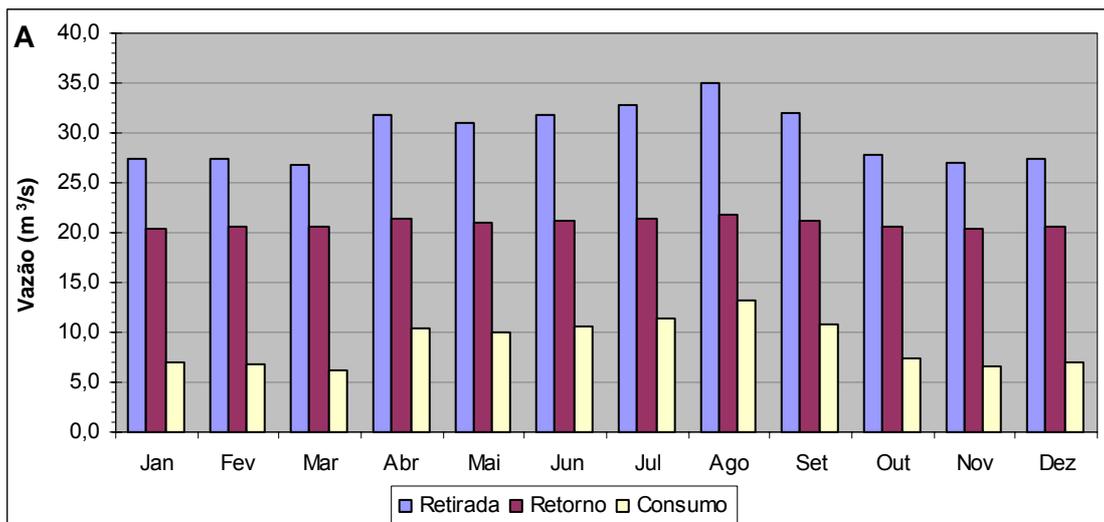


Figura 75. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Funil, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	11,03	1,02	4,04	0,70	13,08	29,87
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	8,82	0,51	0,98	0,14	10,48	20,93

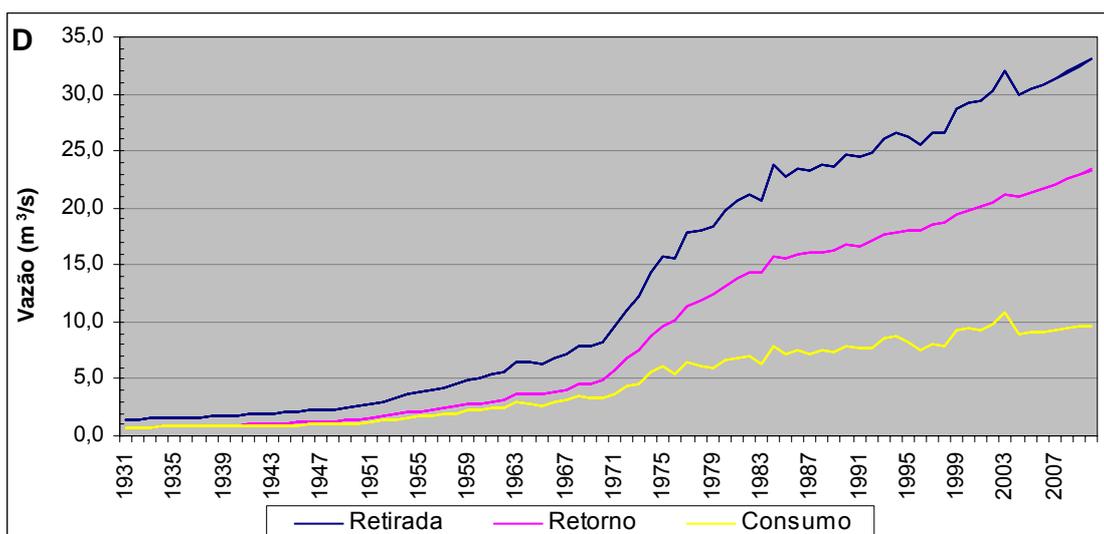
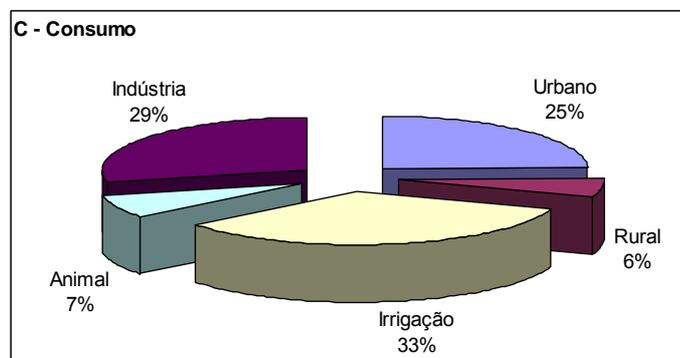
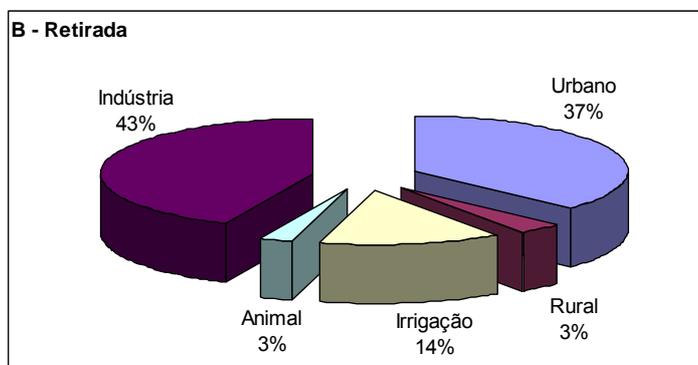
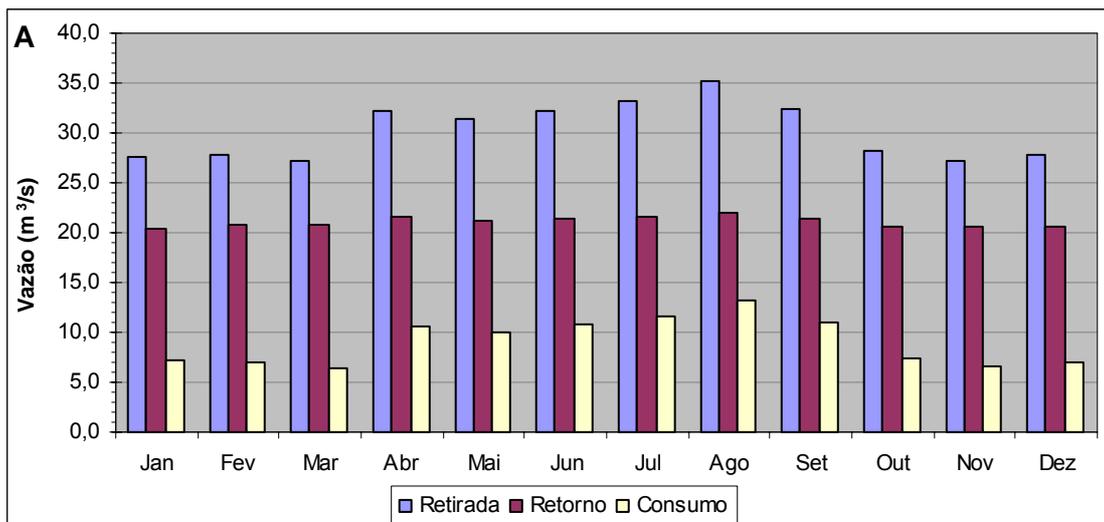


Figura 76. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Ilha do Pombos, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	11,14	1,04	4,13	0,76	13,11	30,18
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	8,91	0,52	1,01	0,15	10,50	21,09

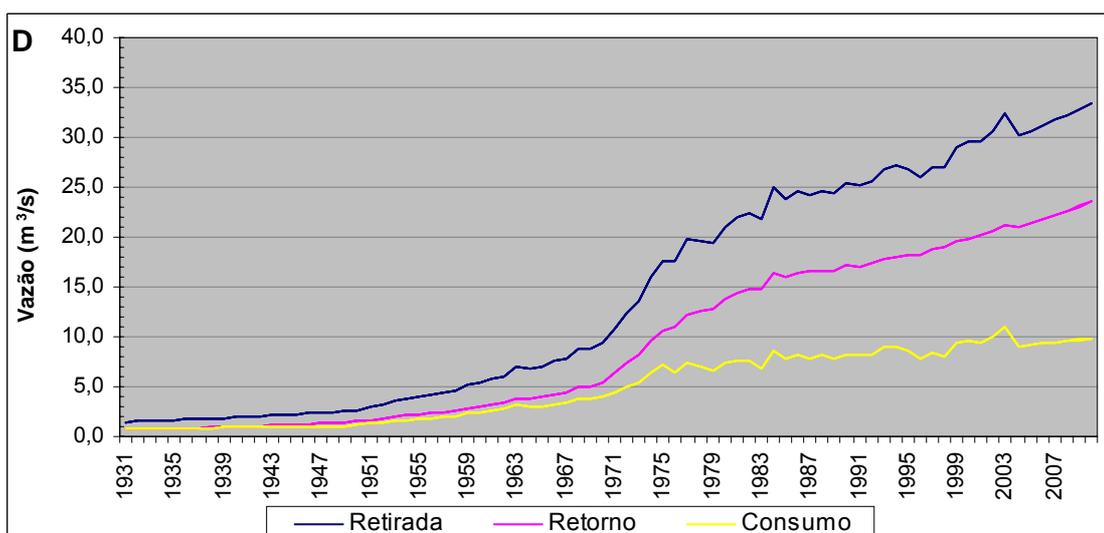
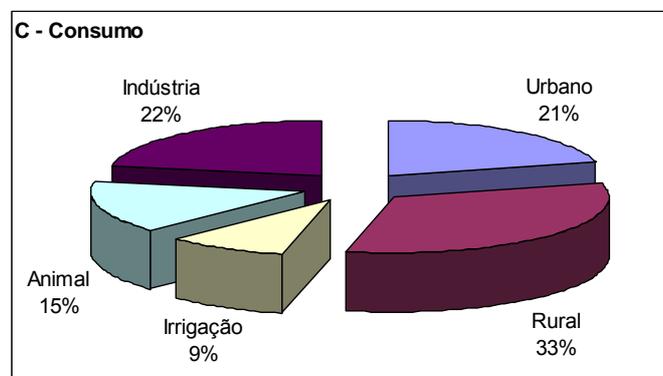
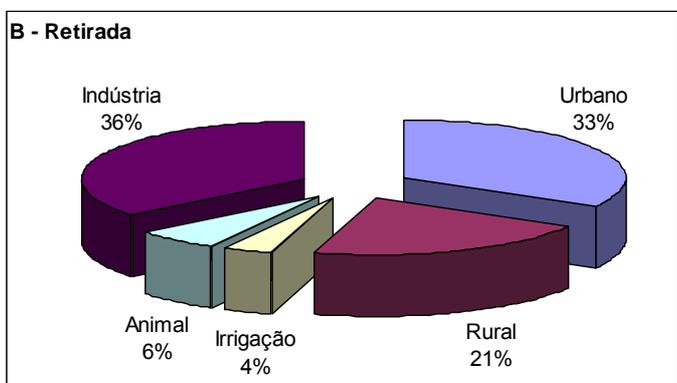
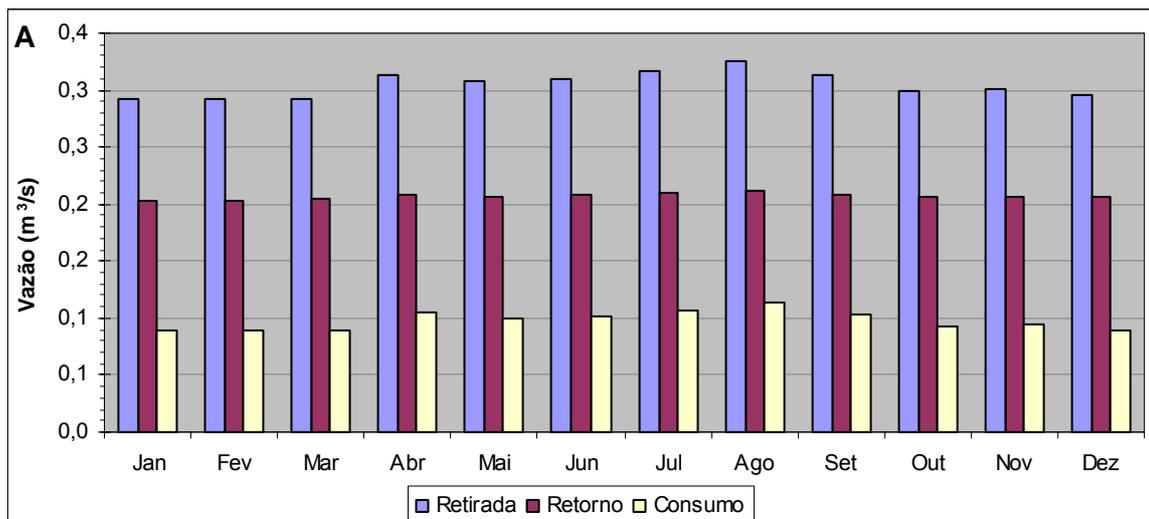


Figura 77. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Itacoara, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,10	0,06	0,01	0,02	0,11	0,30
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,08	0,03	0,00	0,00	0,09	0,20

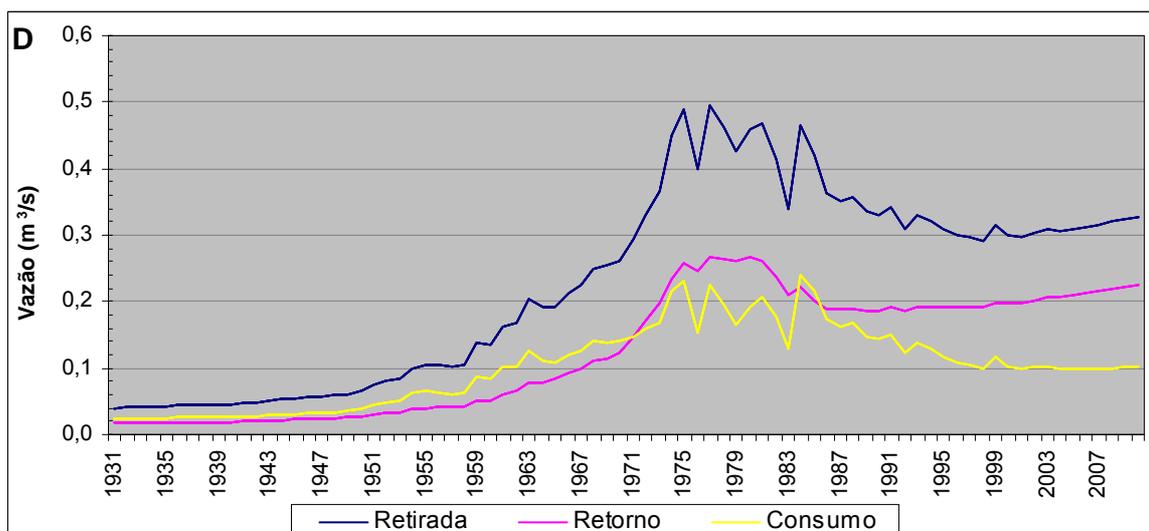
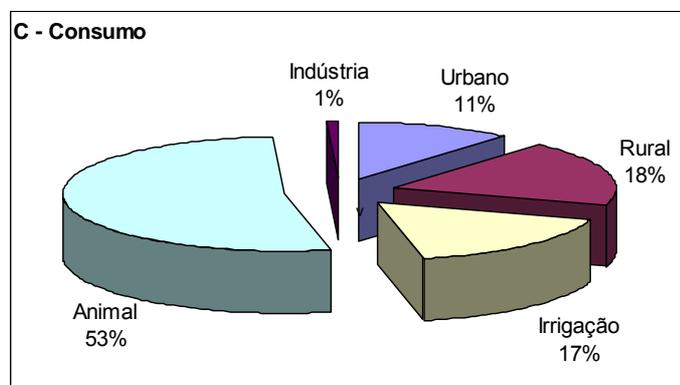
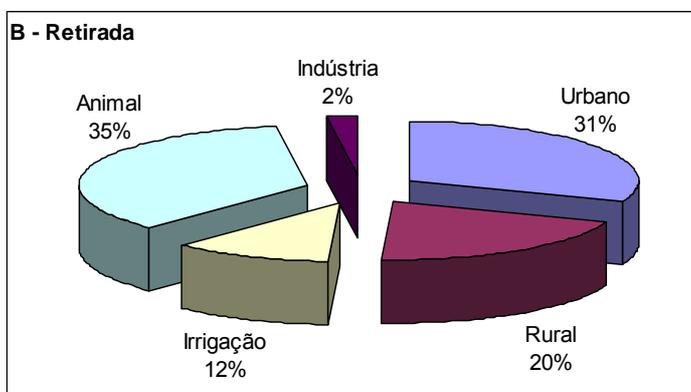
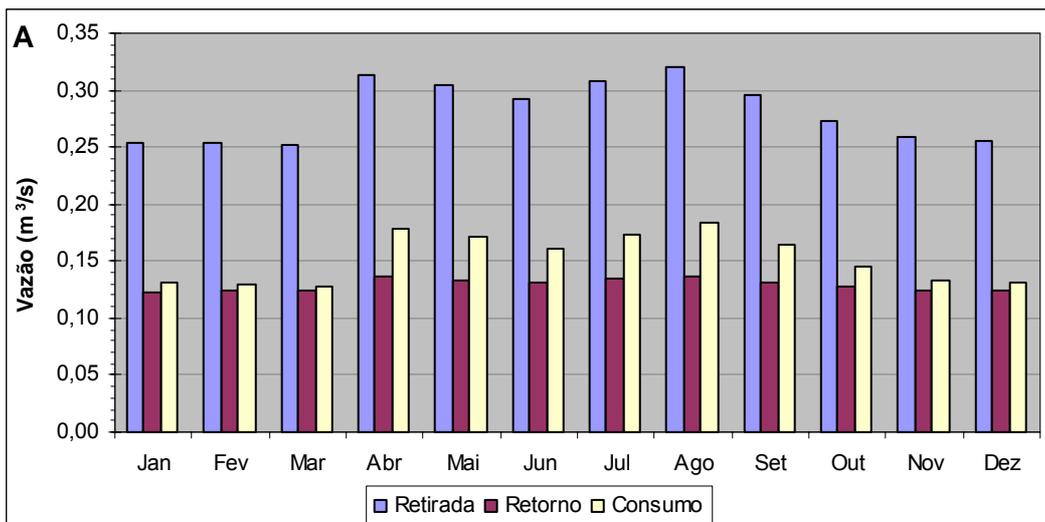


Figura 78. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Jaguari, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m ³ .s ⁻¹)	0,09	0,06	0,03	0,10	0,01	0,29
Retorno (m ³ .s ⁻¹)	0,07	0,03	0,01	0,02	0,00	0,13

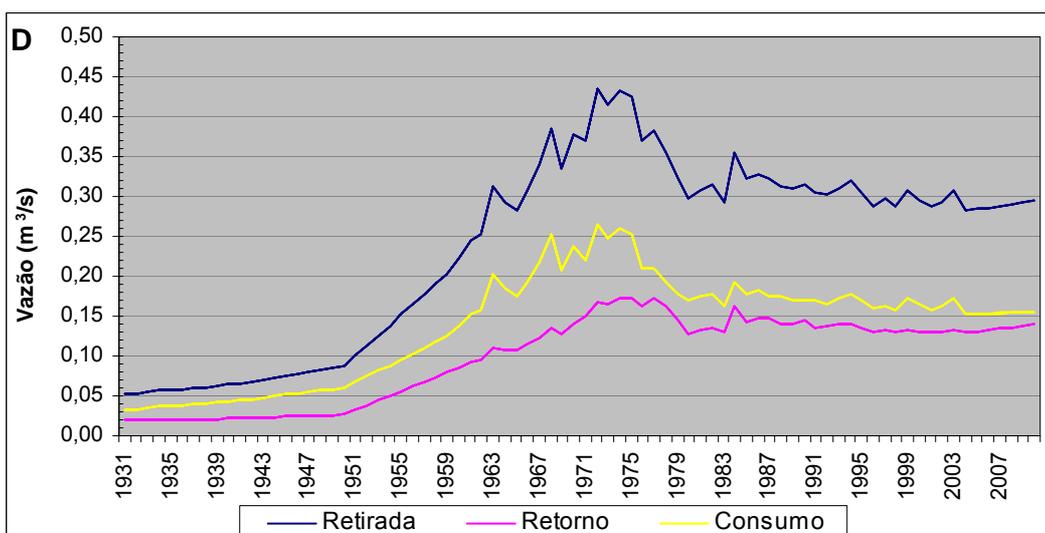
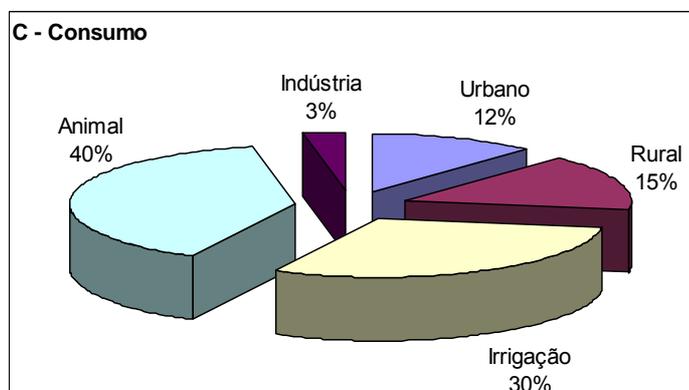
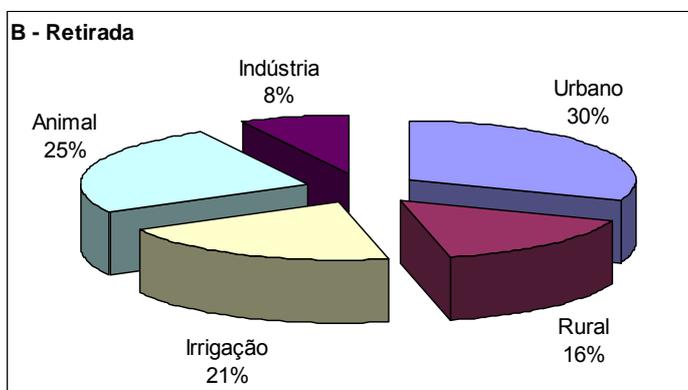
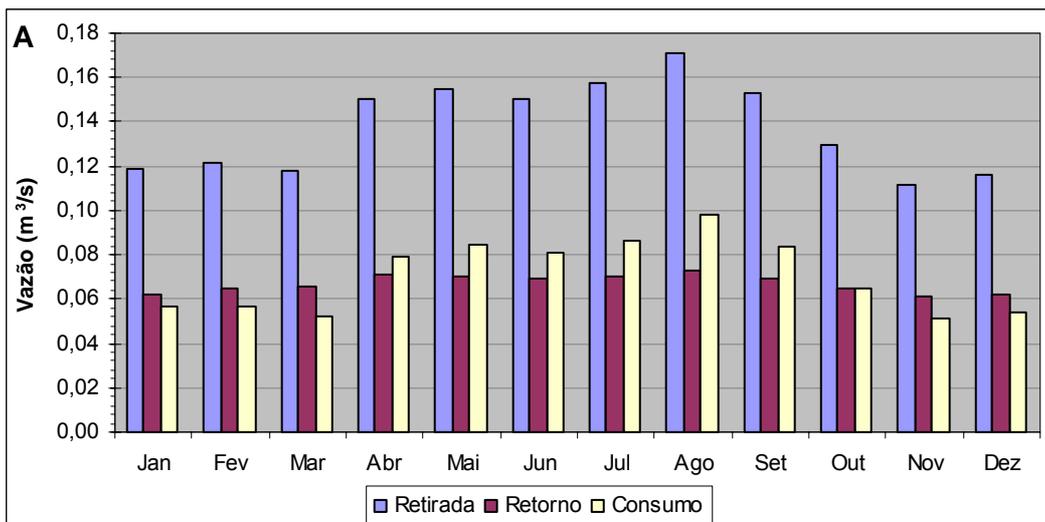


Figura 79. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Paraibuna, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	0,13
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07

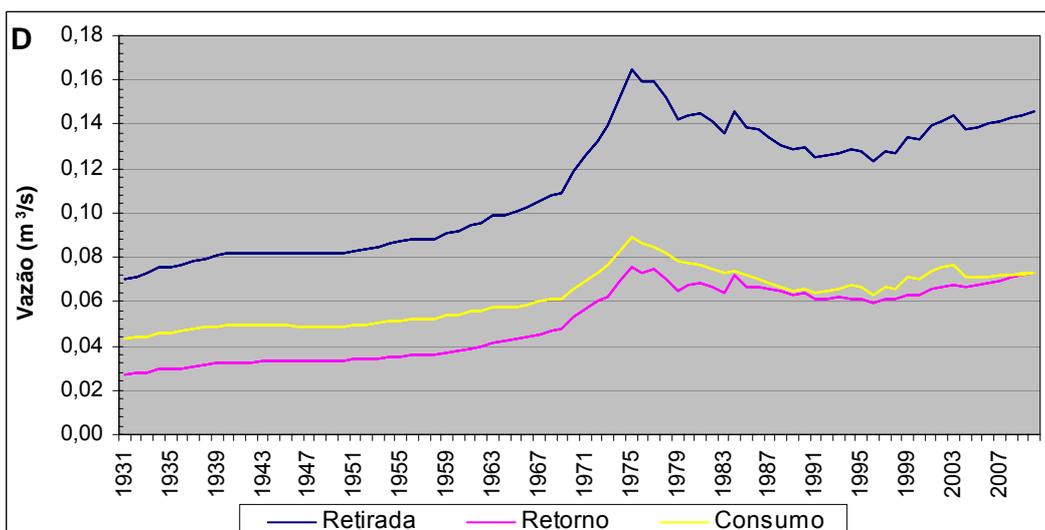
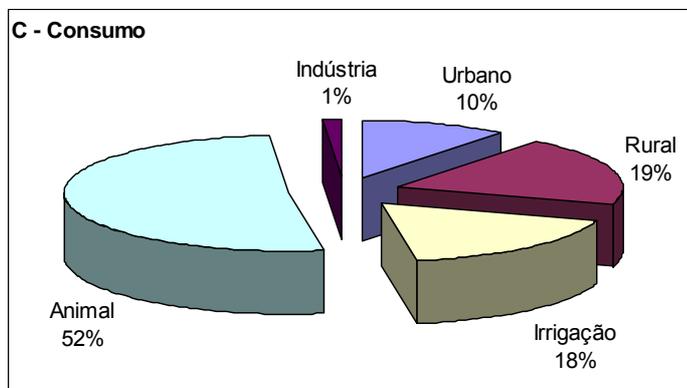
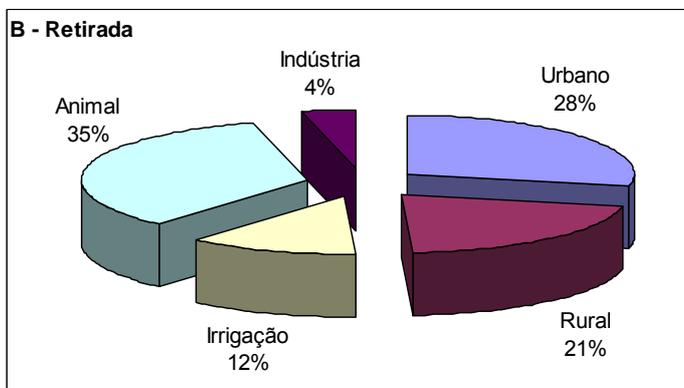
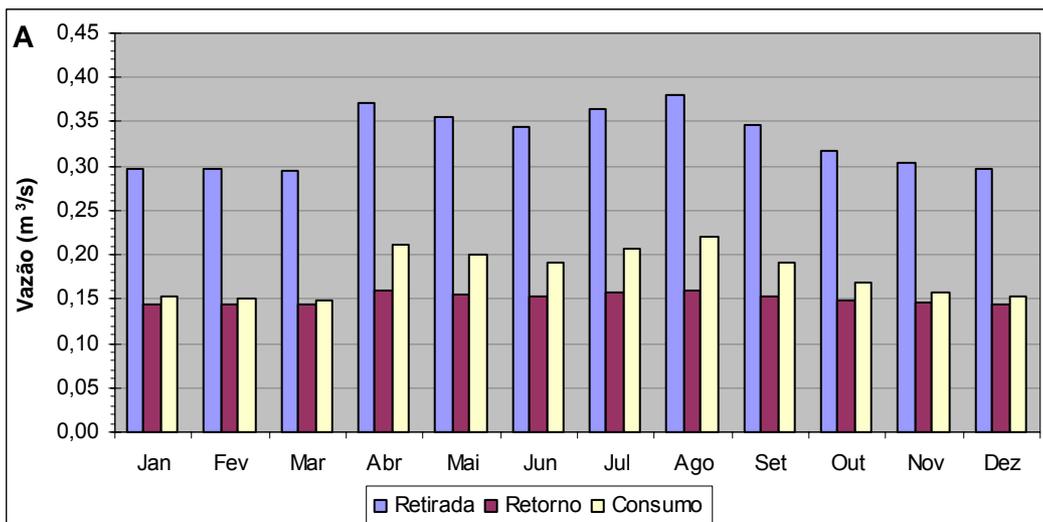


Figura 80. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Picada, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,09	0,07	0,04	0,11	0,01	0,32
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,07	0,03	0,01	0,02	0,01	0,14

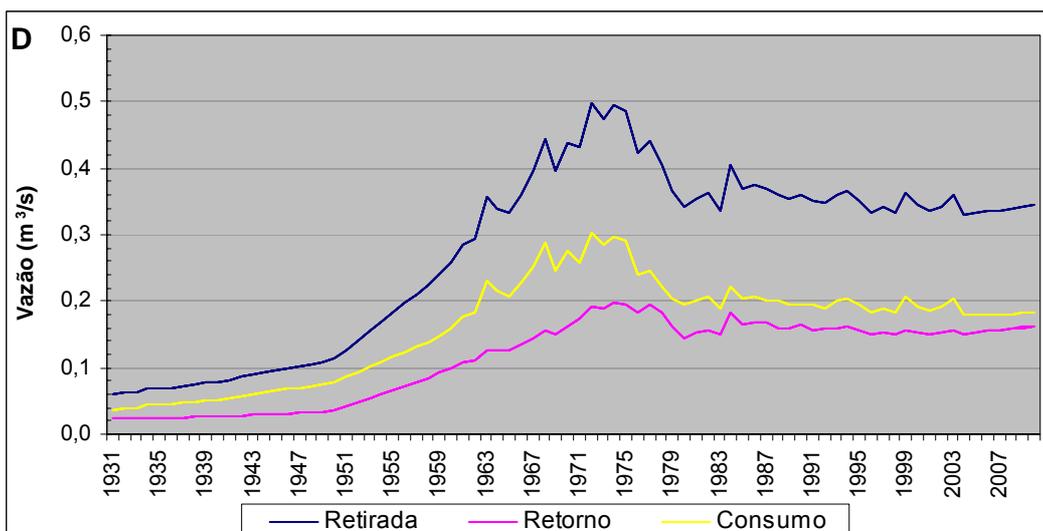
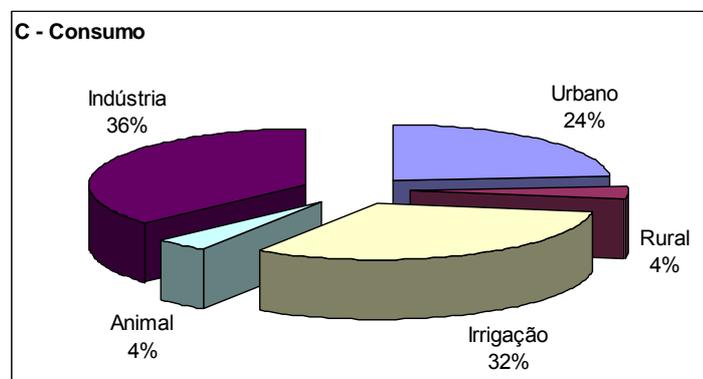
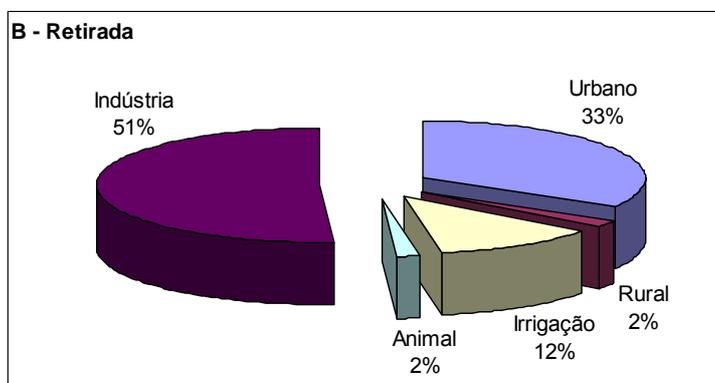
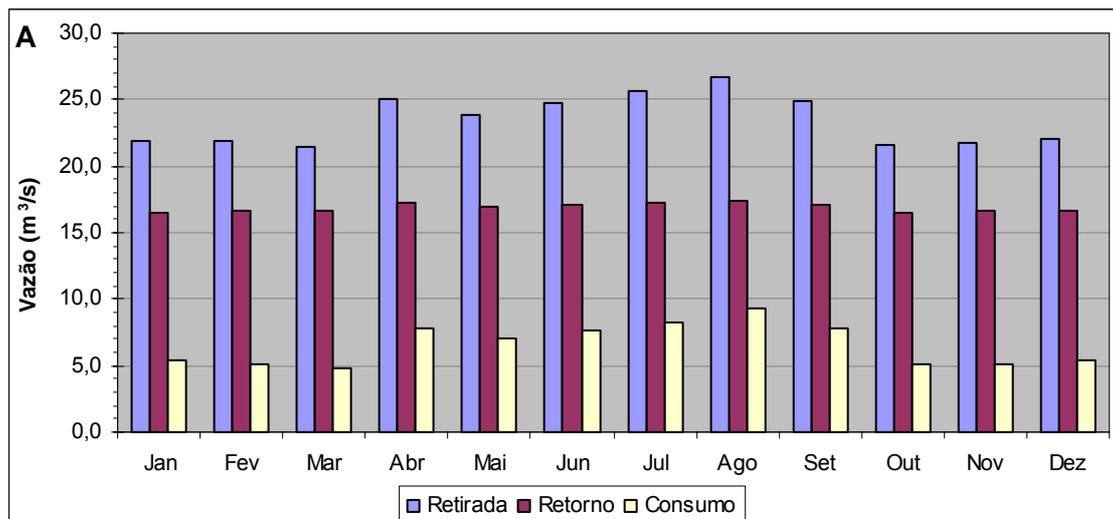


Figura 81. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Santa Branca, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	7,83	0,47	2,78	0,36	12,03	23,47
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	6,26	0,23	0,70	0,07	9,64	16,96

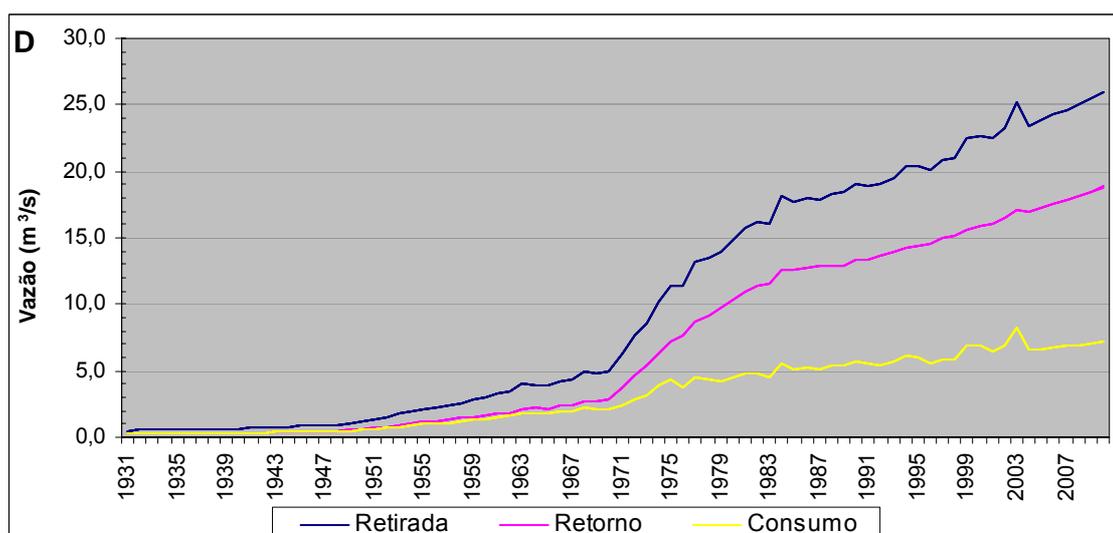
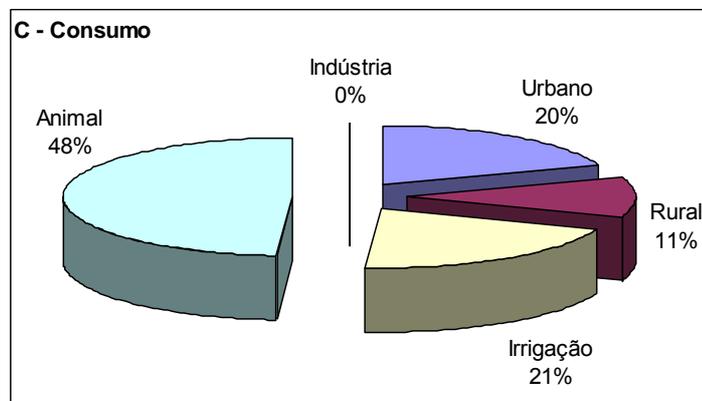
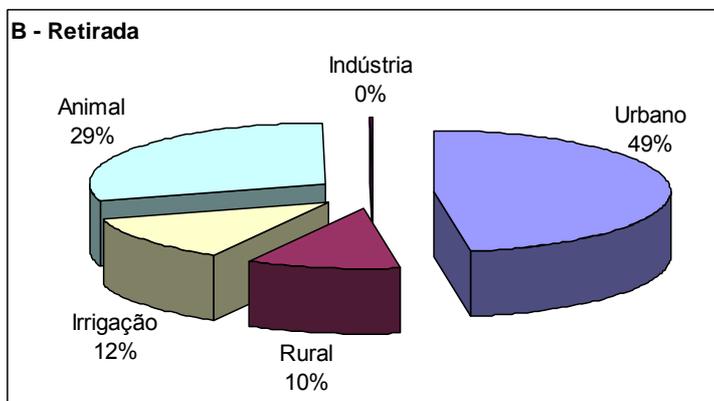
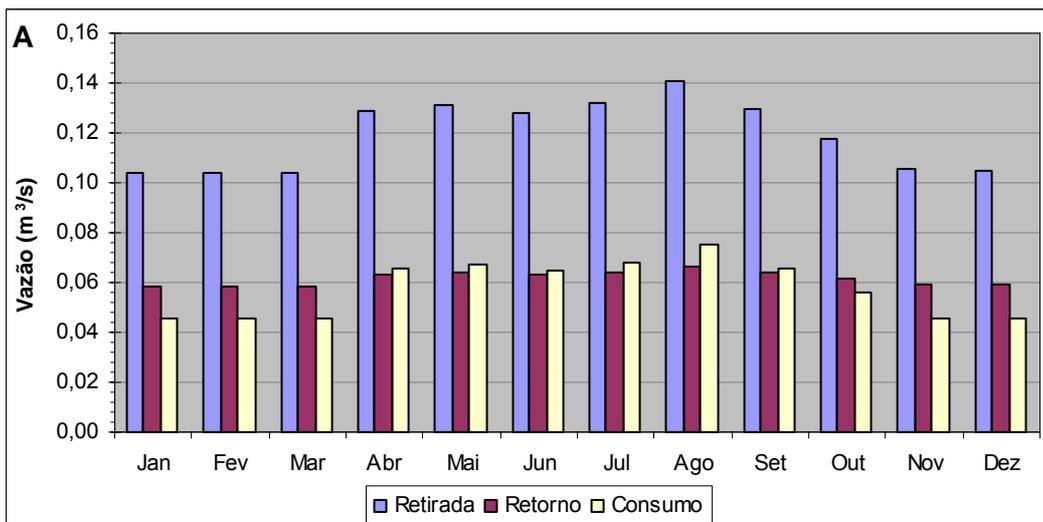


Figura 82. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Santa Cecília, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,06	0,01	0,01	0,04	0,00	0,12
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,05	0,01	0,00	0,01	0,00	0,07

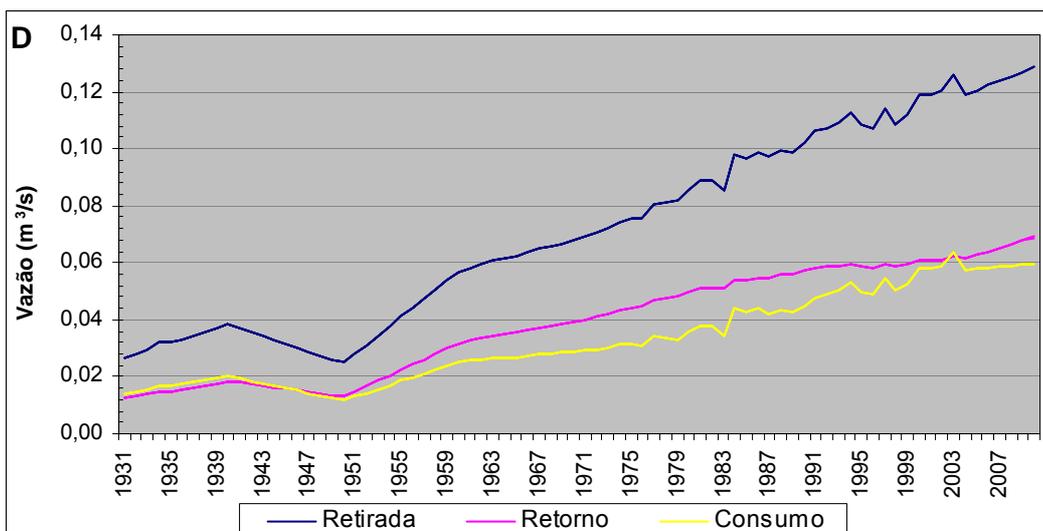
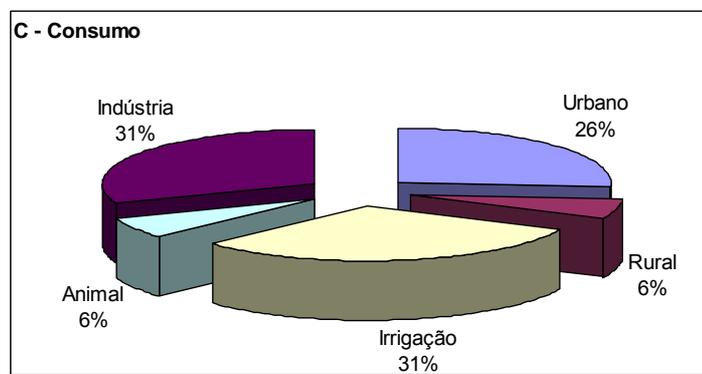
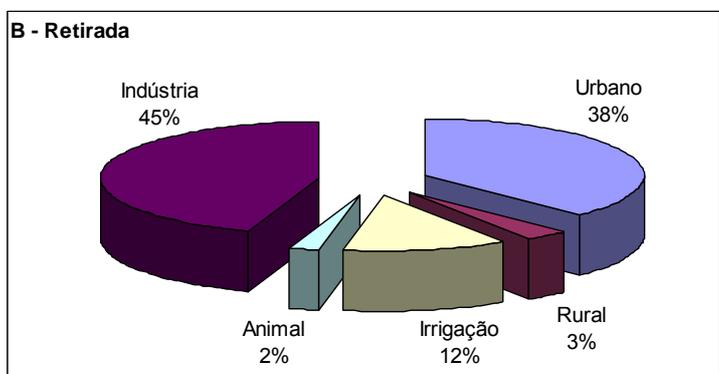
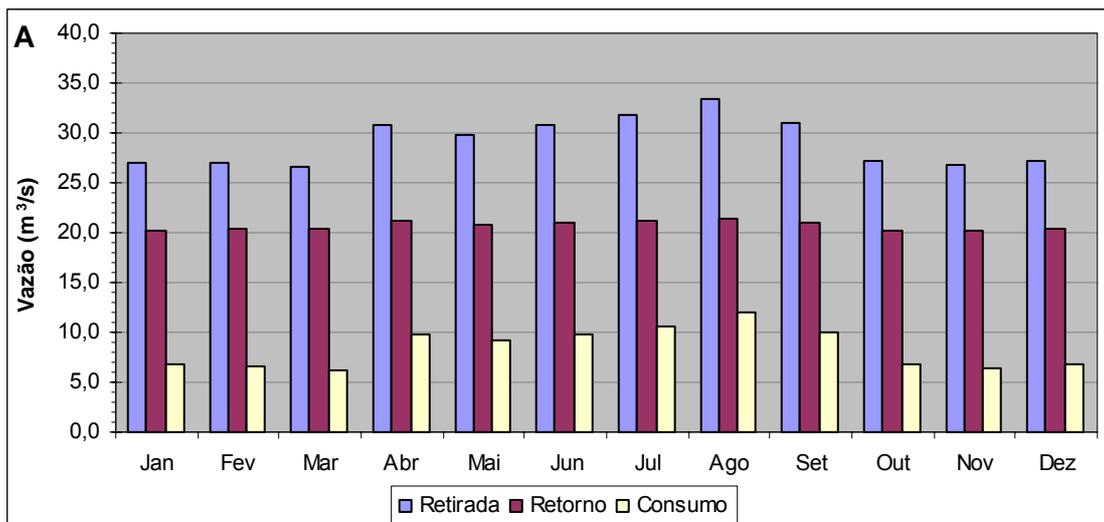


Figura 83. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Santana, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	10,96	0,98	3,55	0,65	13,02	29,16
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	8,77	0,49	0,93	0,13	10,43	20,75

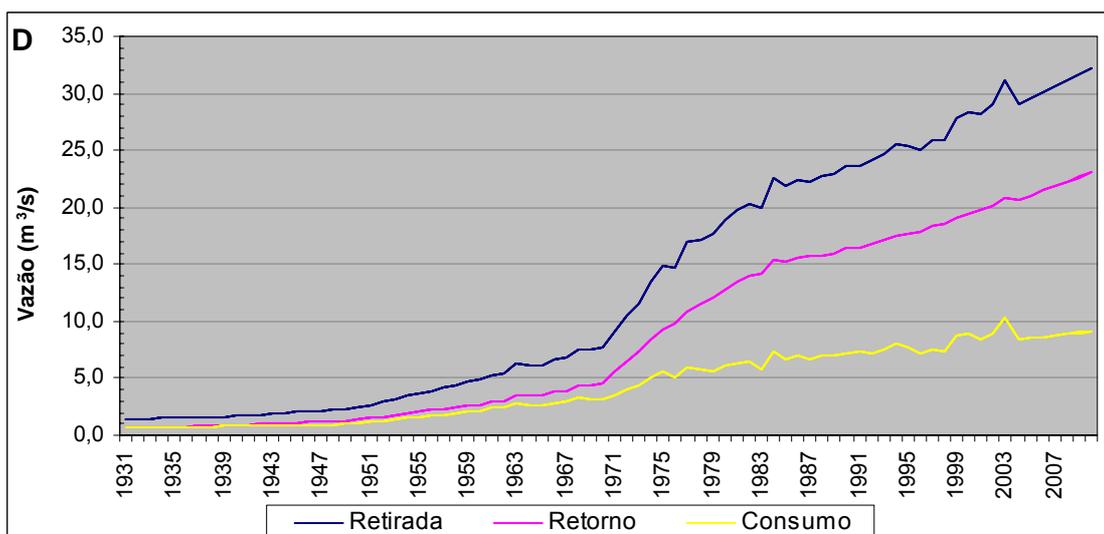
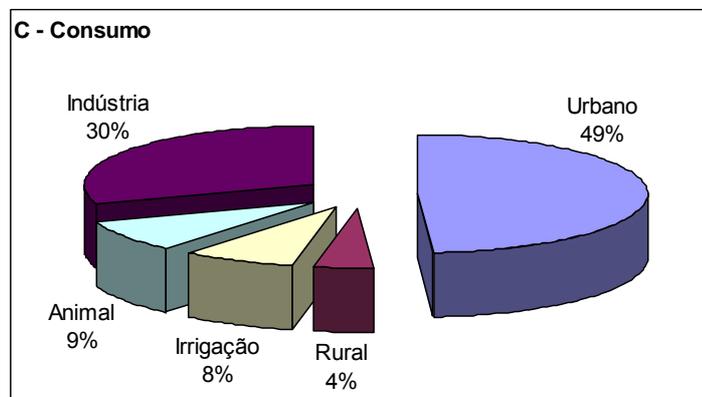
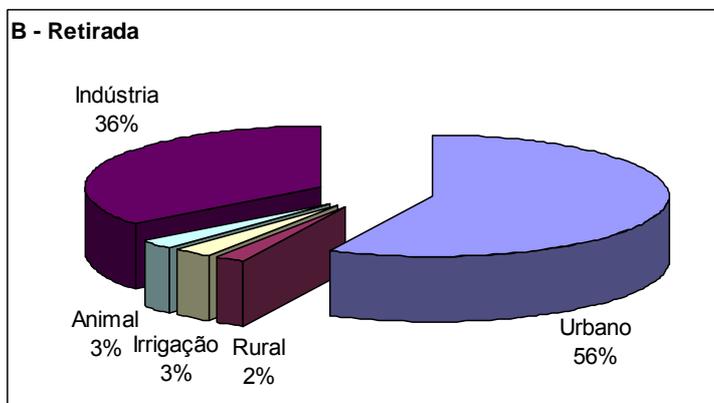
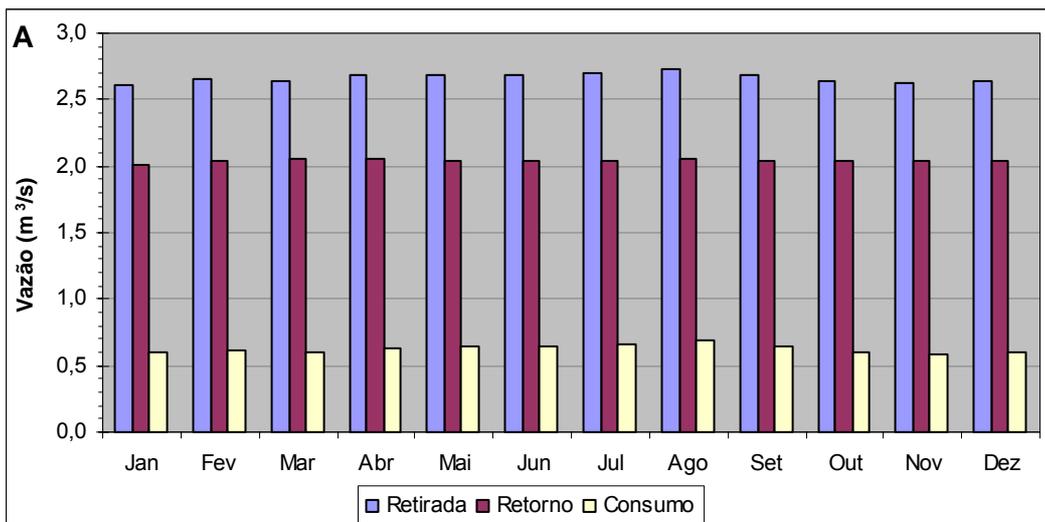


Figura 84. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Simplício, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	1,52	0,05	0,07	0,07	0,95	2,66
Retorno (m³.s⁻¹)	1,22	0,03	0,02	0,01	0,76	2,04

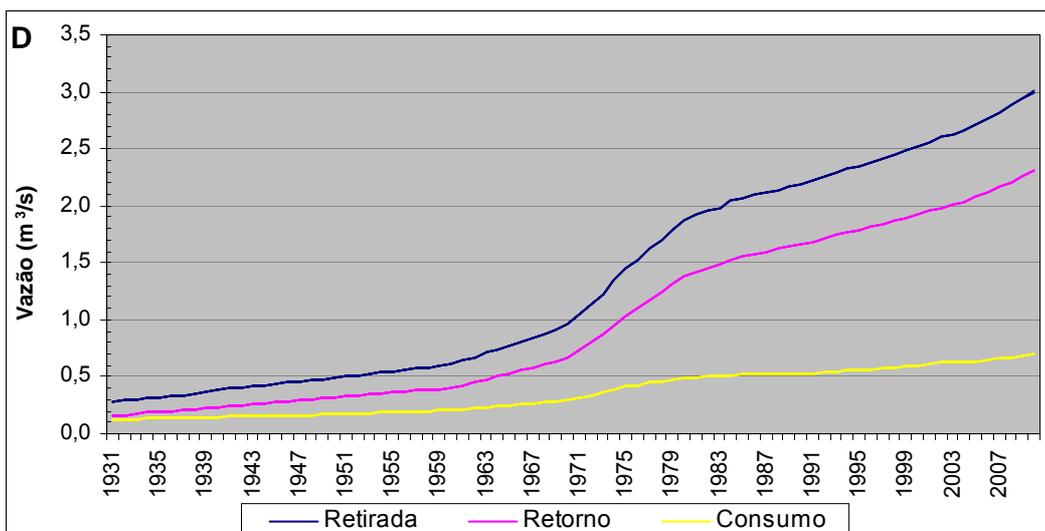
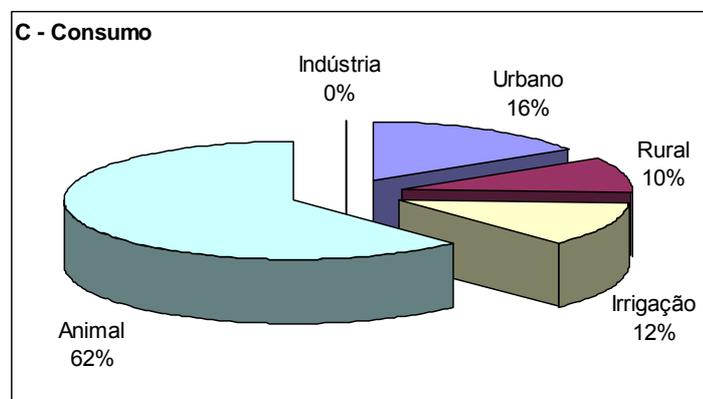
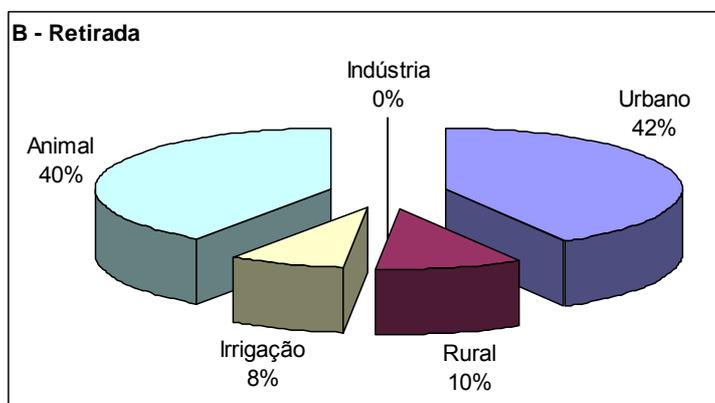
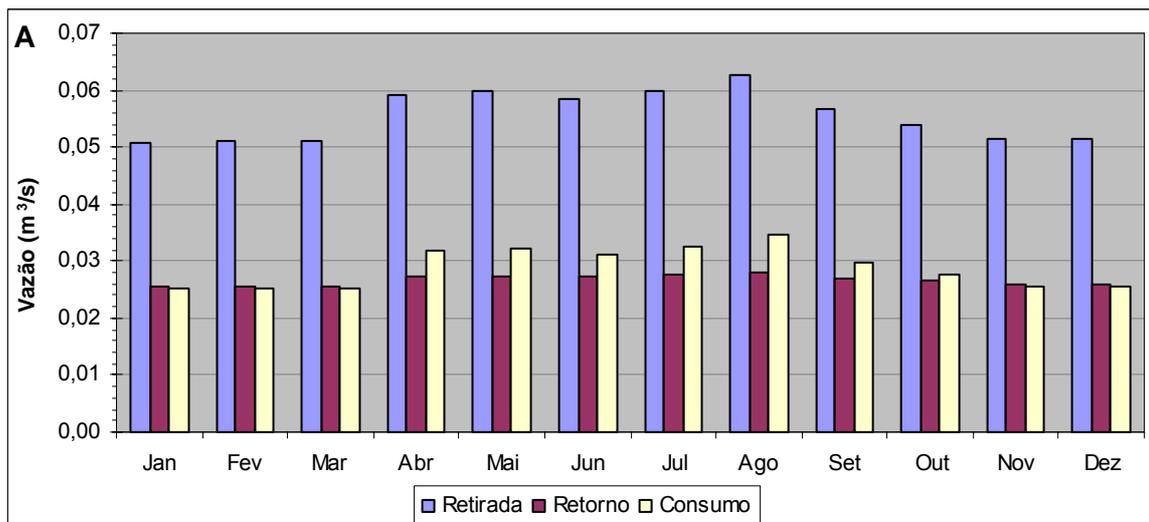


Figura 85. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Sobragi, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,02	0,01	0,00	0,02	0,00	0,05
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02

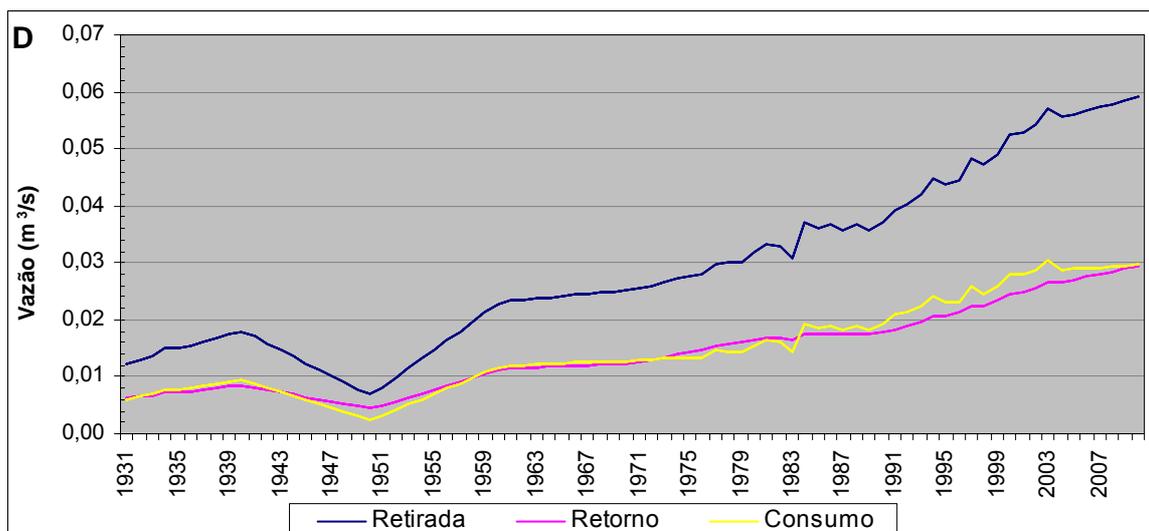
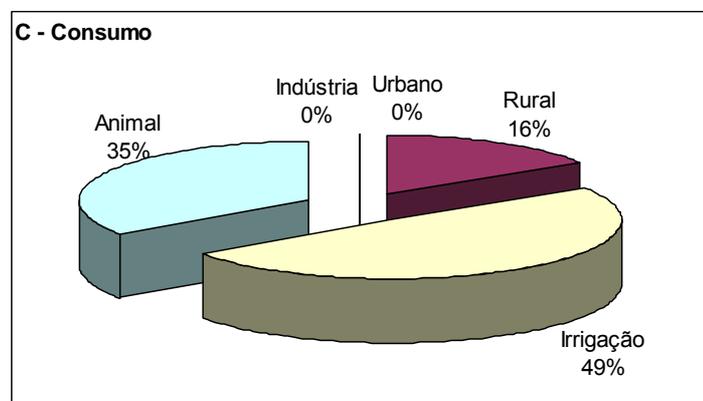
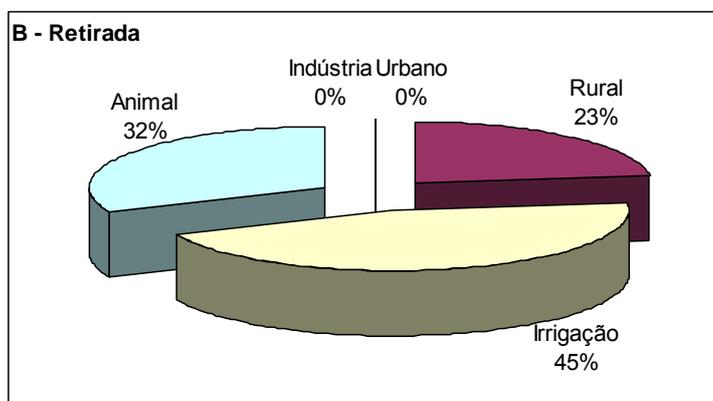
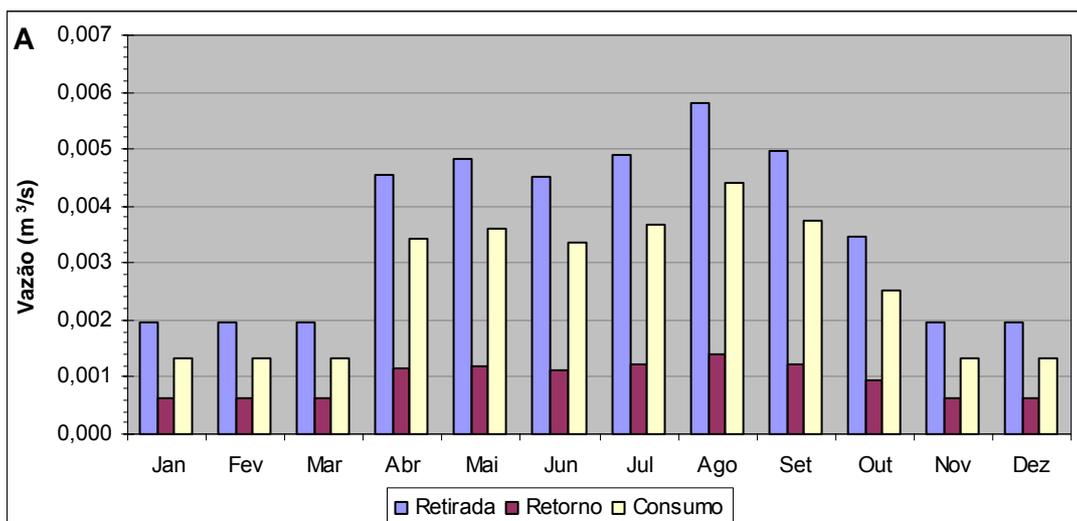


Figura 86. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Tócos, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s ⁻¹)	0,0000	0,0008	0,0016	0,0011	0,0000	0,0035
Retorno (m³.s ⁻¹)	0,0000	0,0004	0,0003	0,0002	0,0000	0,0010

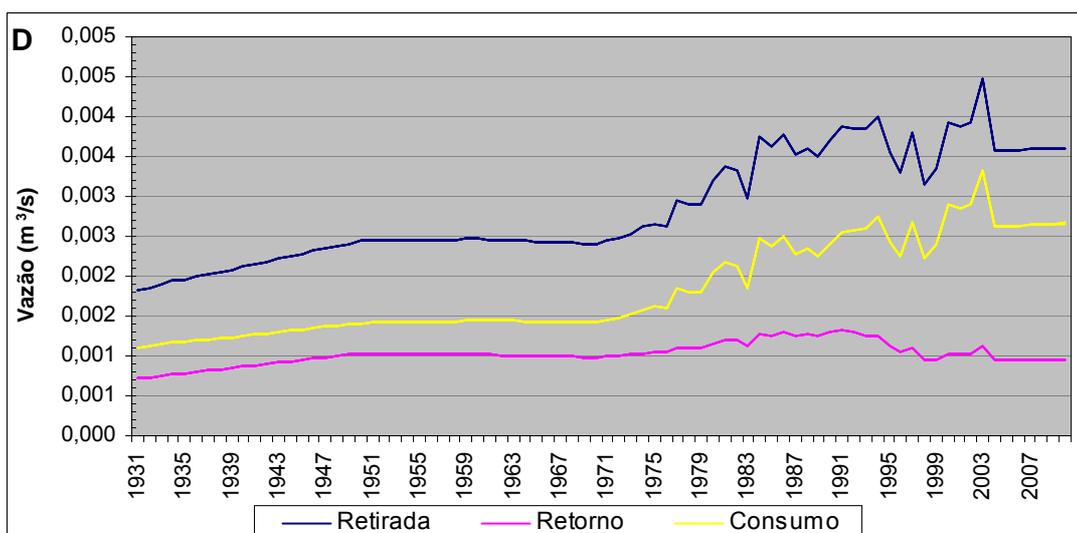
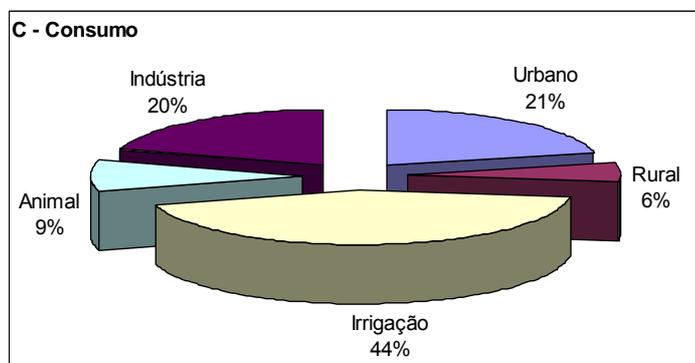
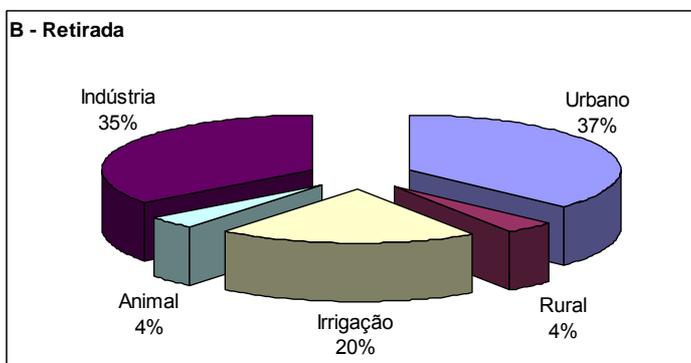
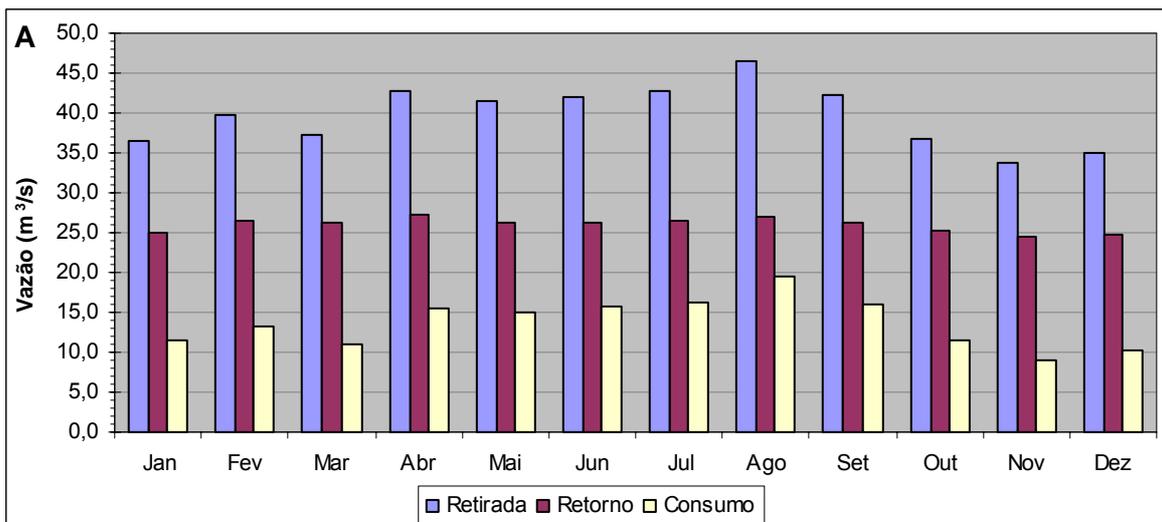


Figura 87. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Vigário, na Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	14,66	1,52	7,93	1,58	14,00	39,70
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	11,73	0,76	2,00	0,32	11,21	26,02

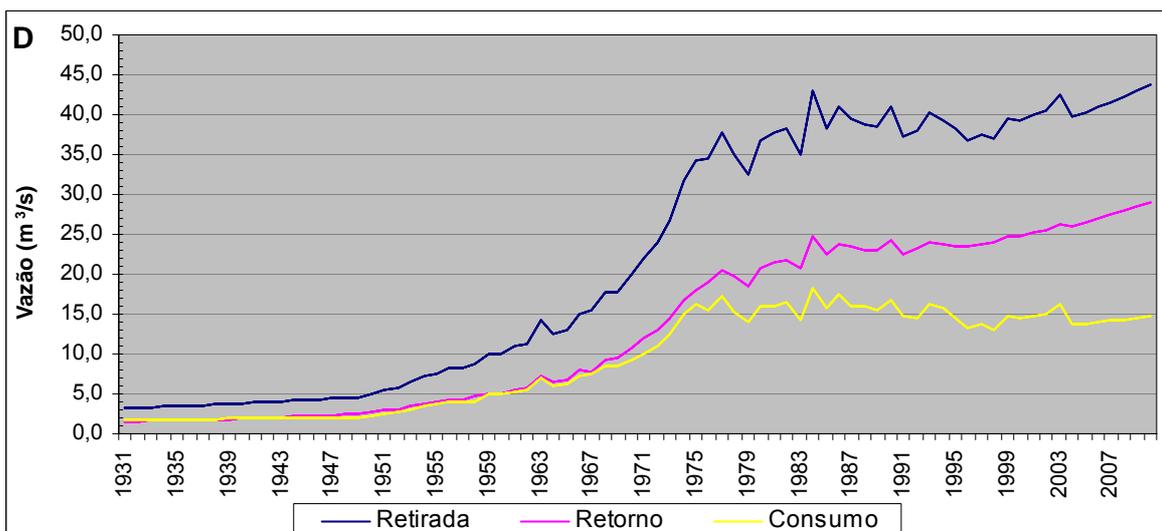
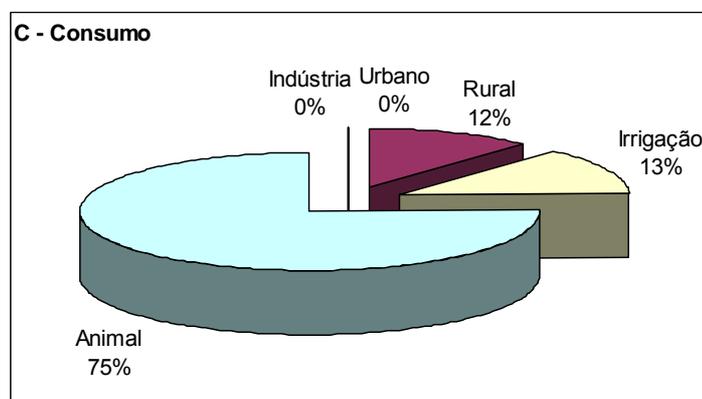
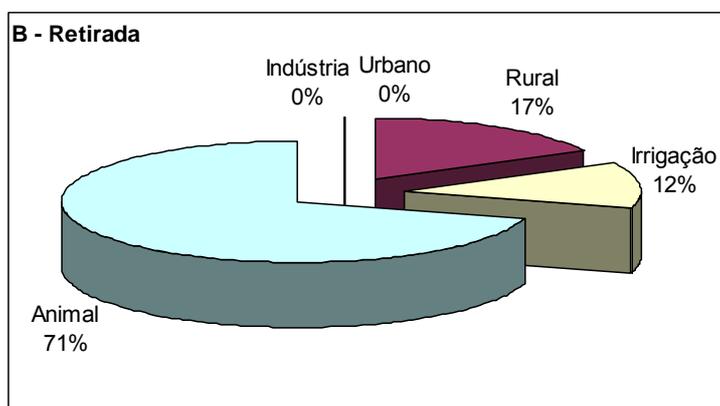
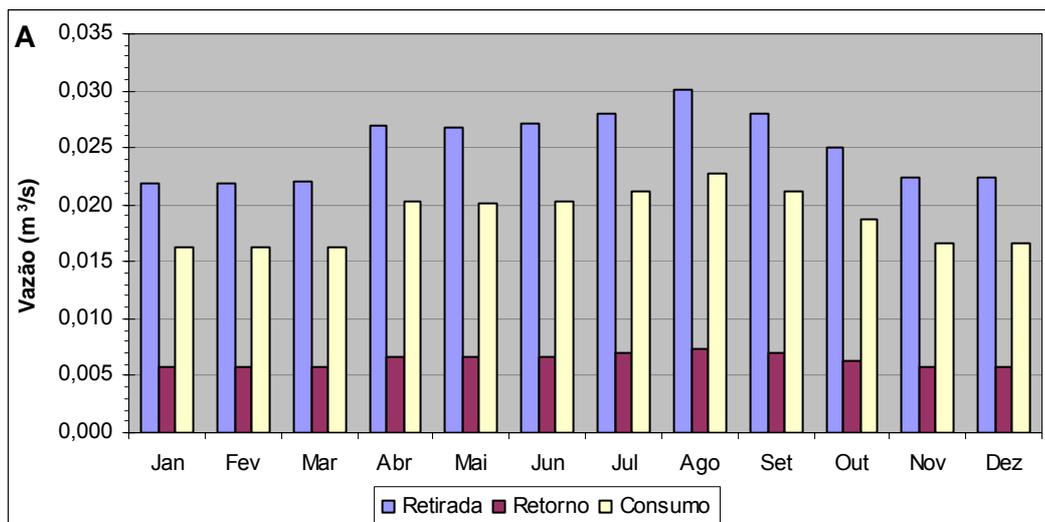


Figura 88. Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.28. Bacia do Ribeirão das Lages



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

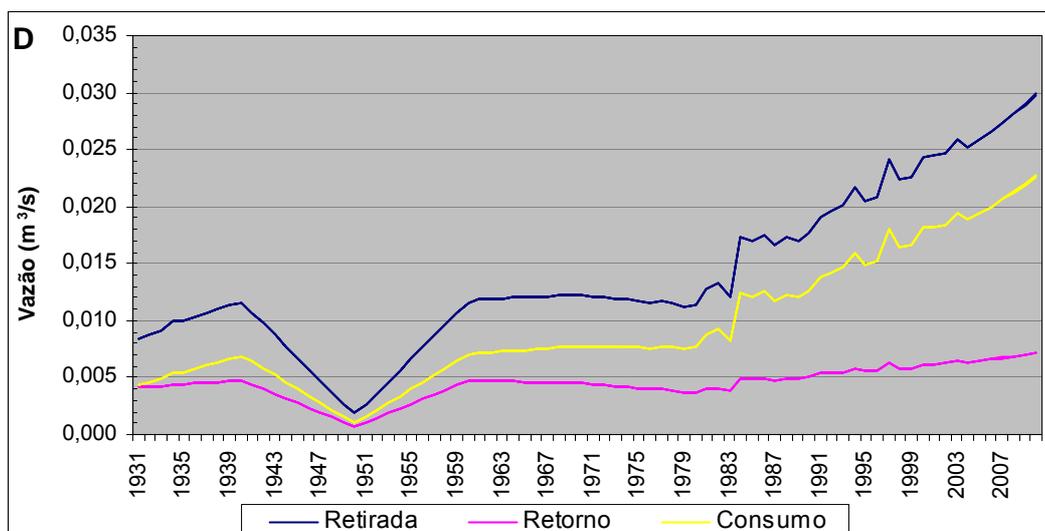
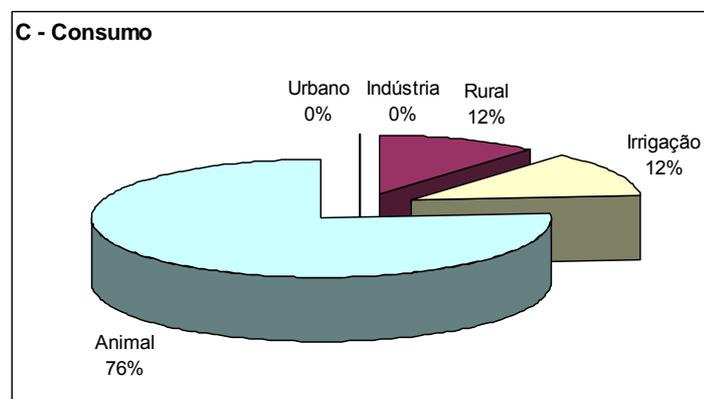
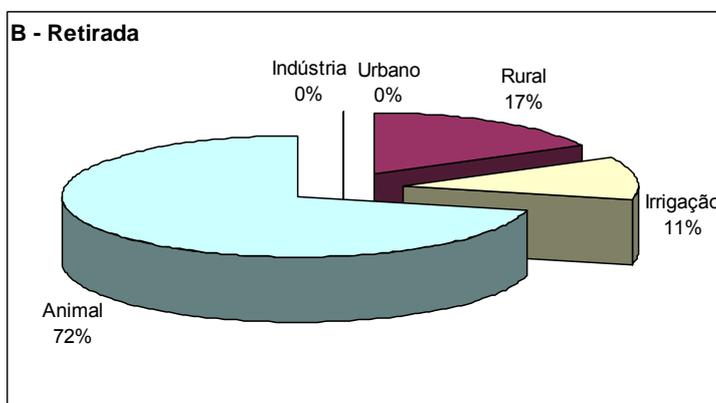
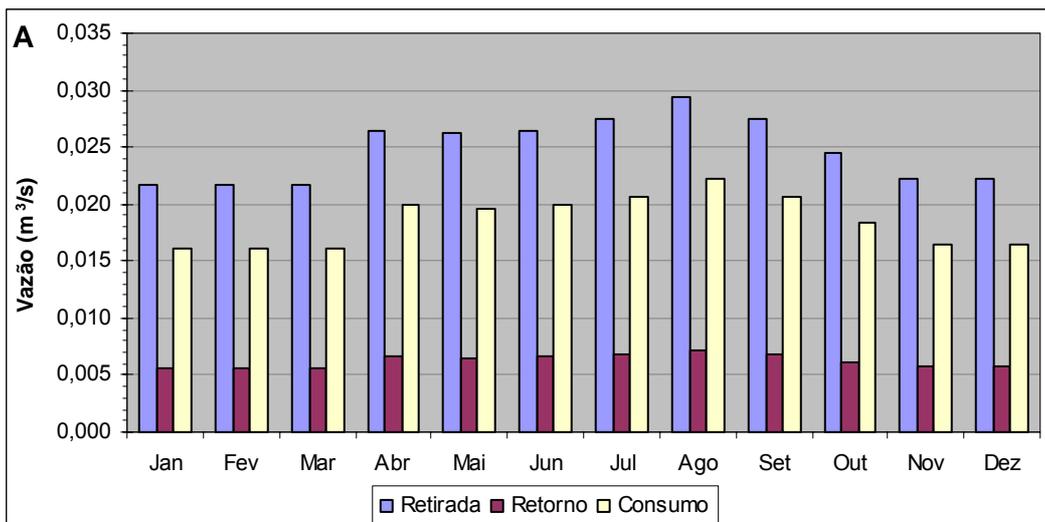


Figura 89. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Lages, na Bacia do Ribeirão das Lages, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02
Retorno (m³.s ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

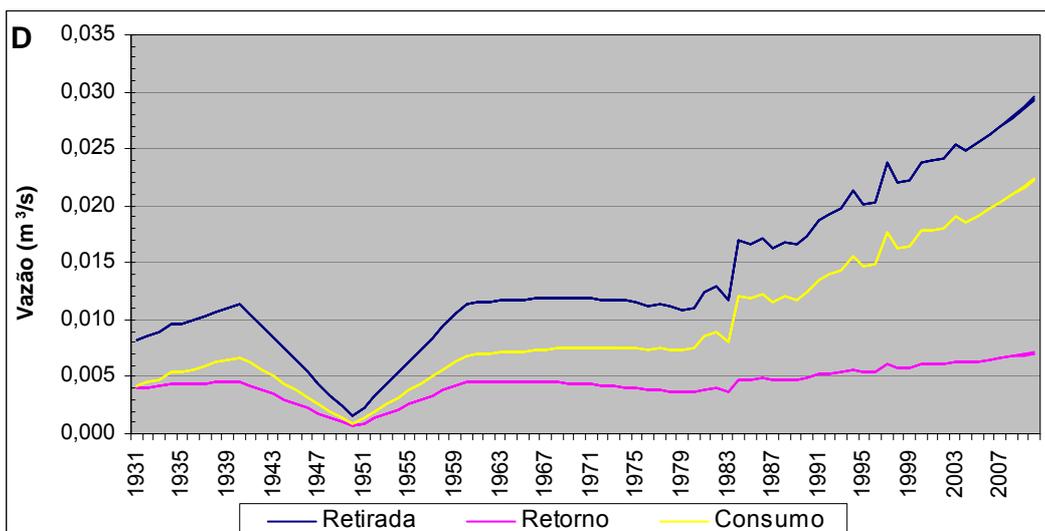
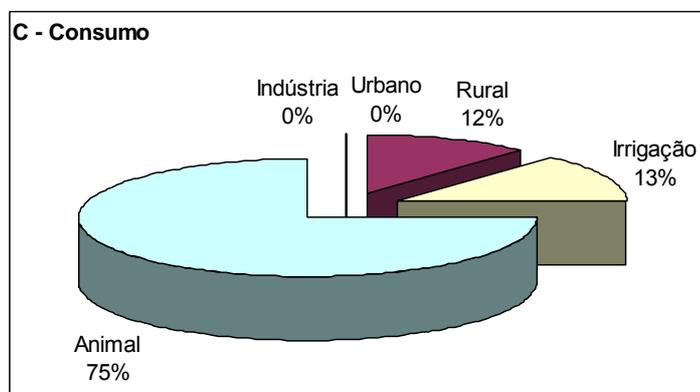
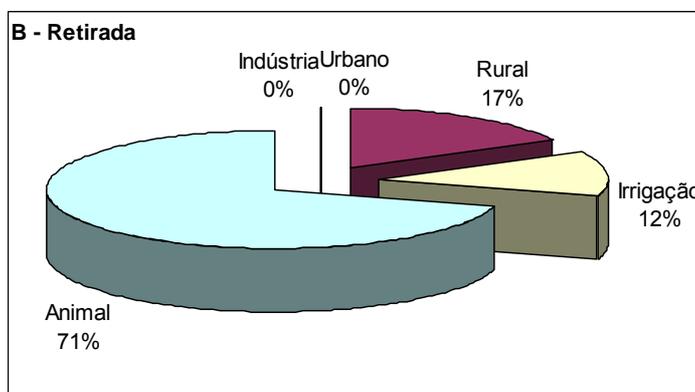
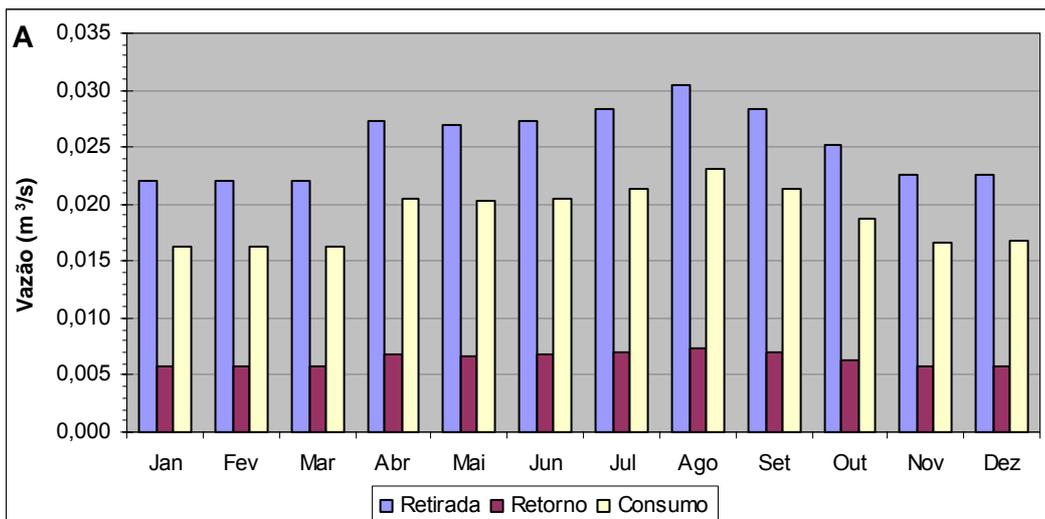


Figura 90. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Fontes, na Bacia do Ribeirão das Lages, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,020
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000

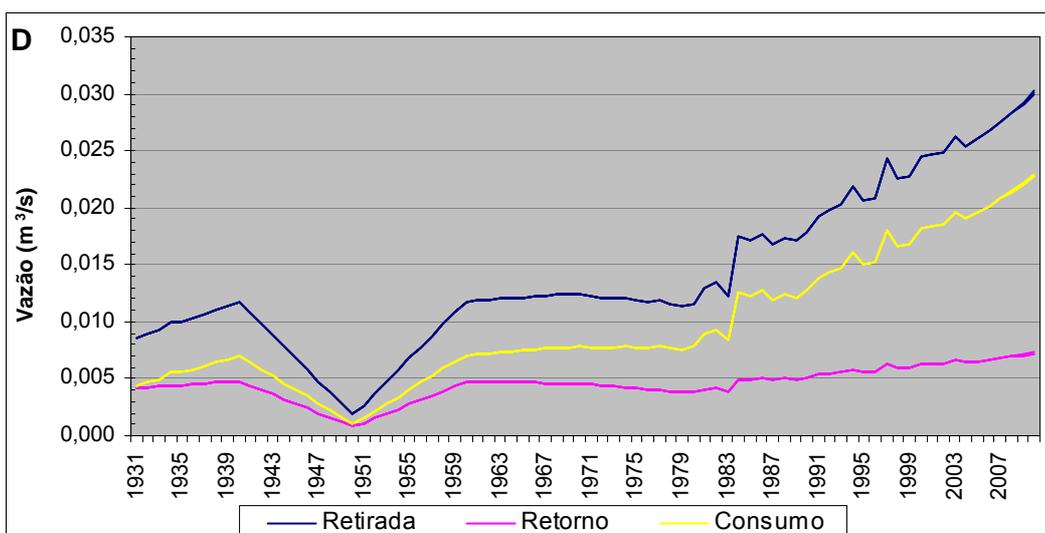
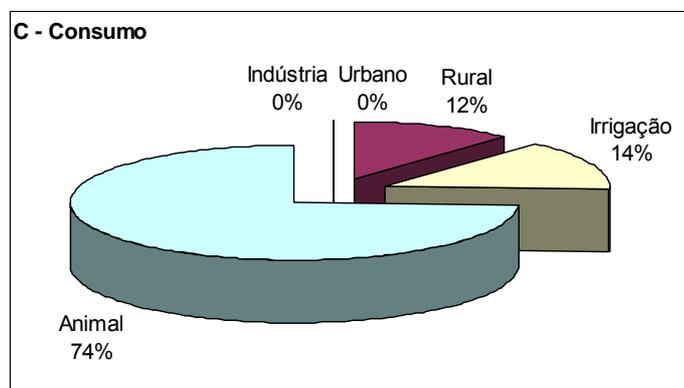
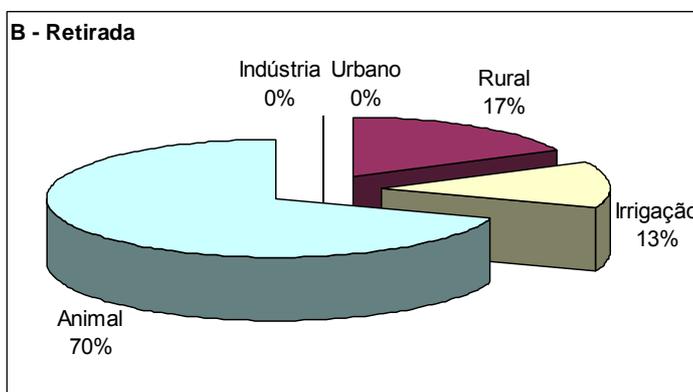
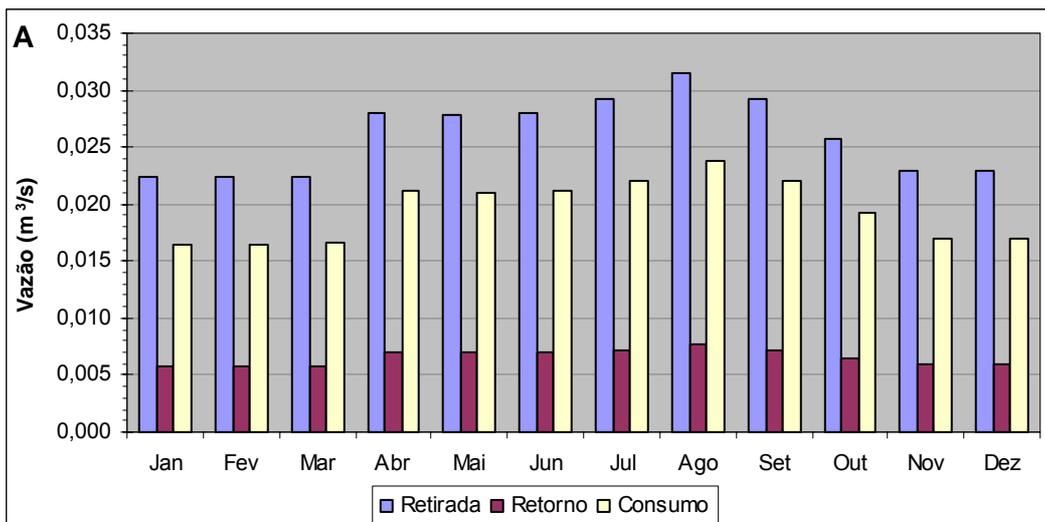


Figura 91. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Nilo Peçanha, na Bacia do Ribeirão das Lages, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,026
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,007

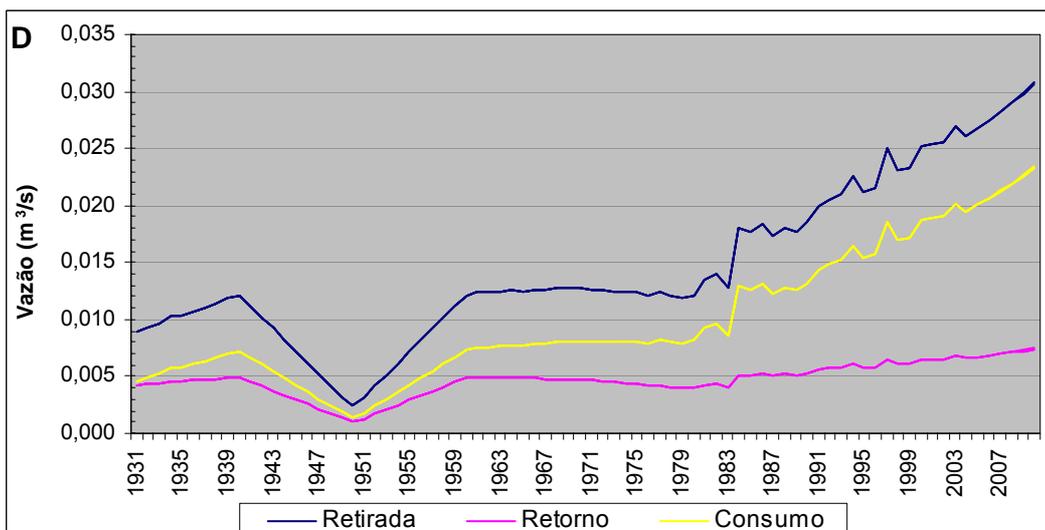
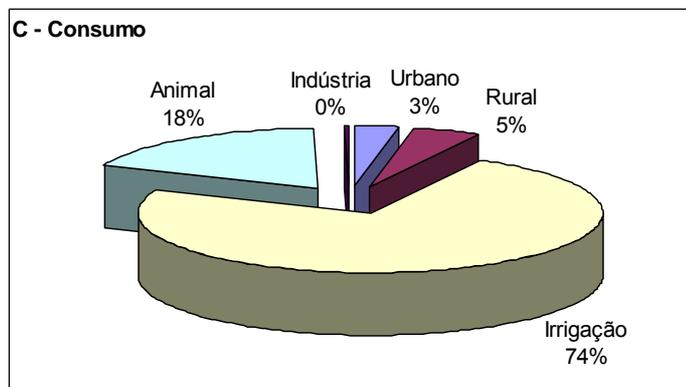
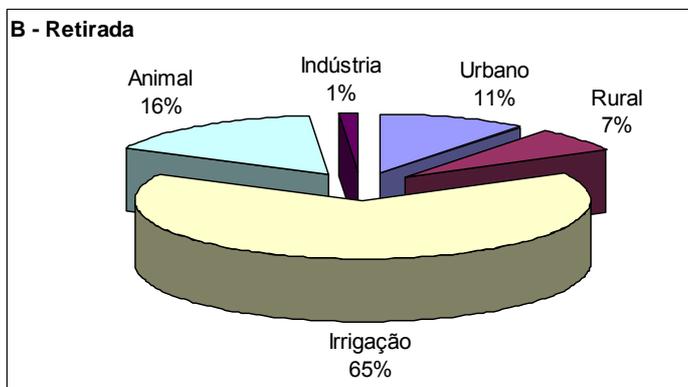
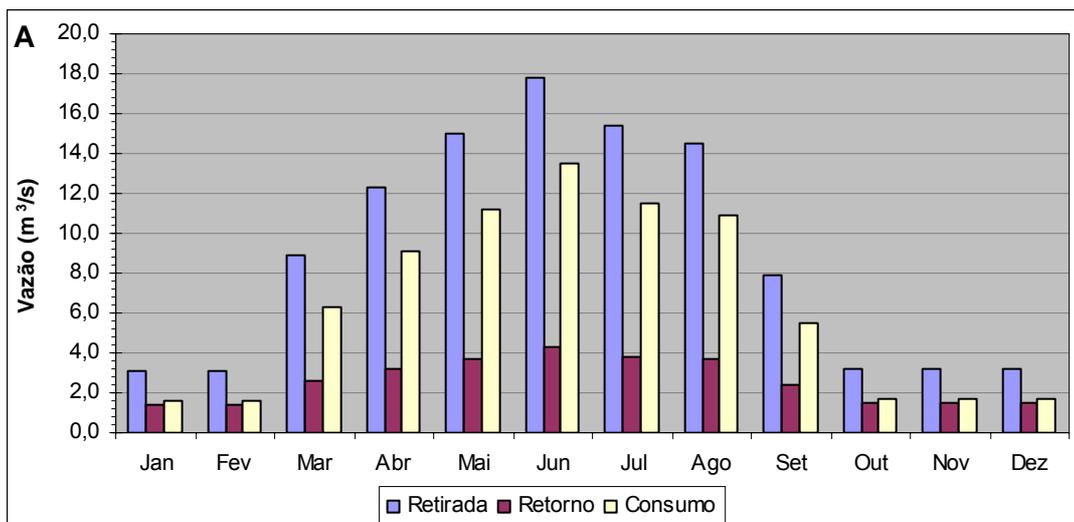


Figura 92. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Pereira Passos, na Bacia do Ribeirão das Lages, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.29. Bacia do Rio Tapajós



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	0,94	0,60	5,83	1,44	0,13	8,94
Retorno (m³.s⁻¹)	0,76	0,30	1,13	0,29	0,10	2,58

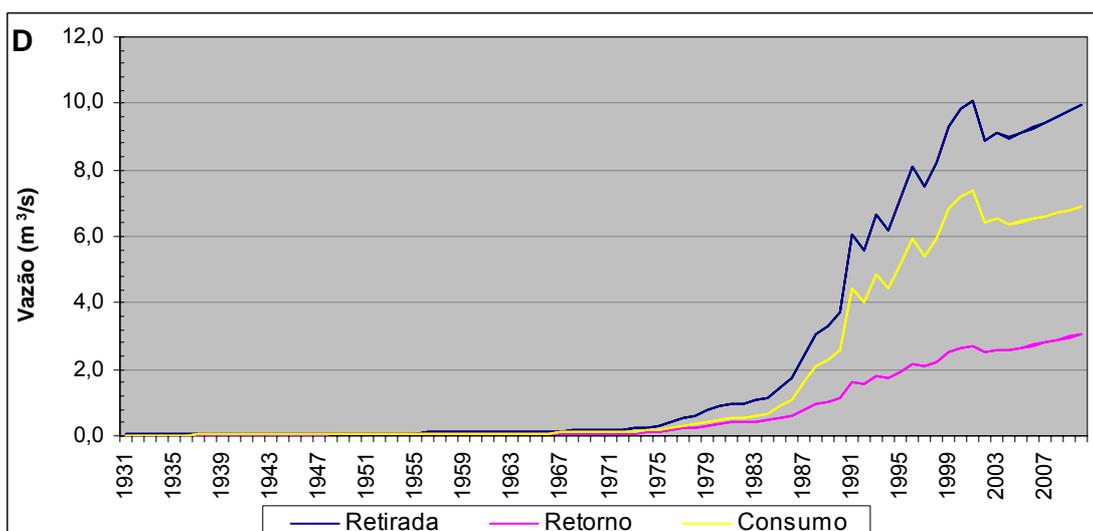
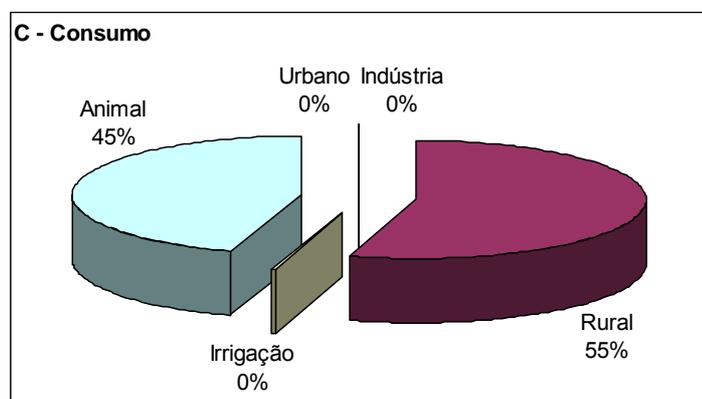
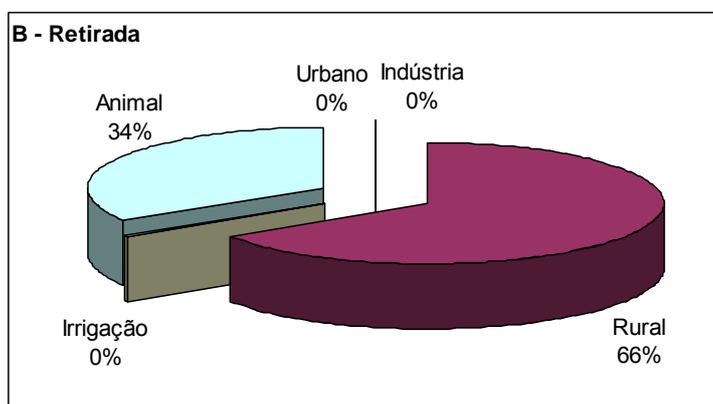
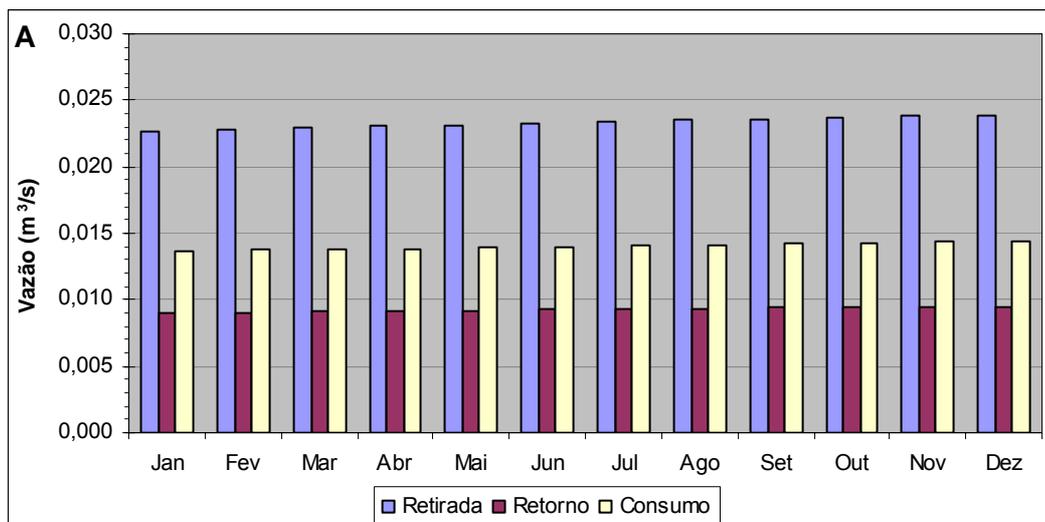


Figura 93. Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Tapajós, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.30. Bacia do Rio Uatumã



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,023
Retorno (m³.s⁻¹)	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,009

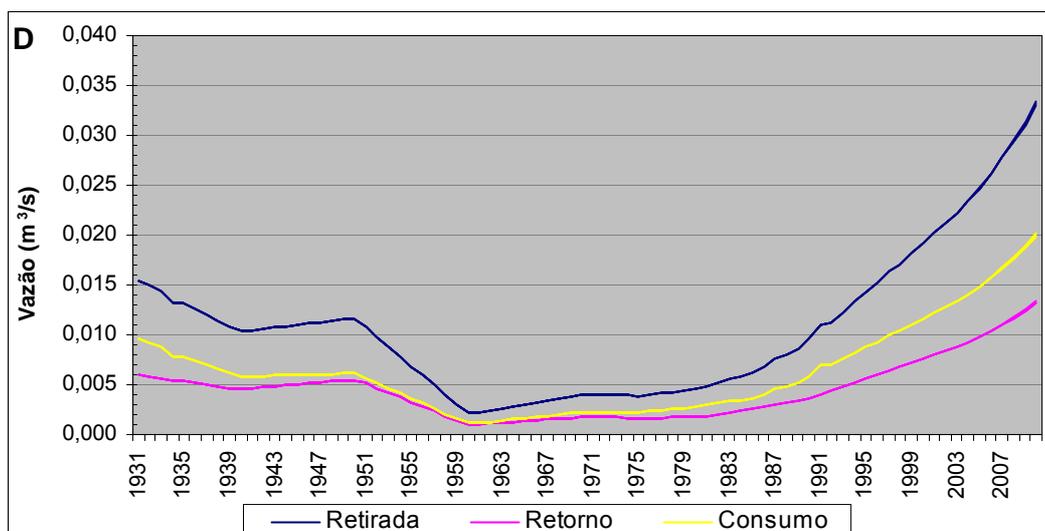
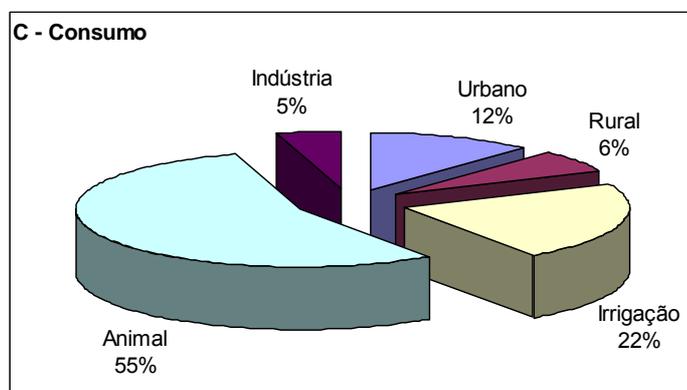
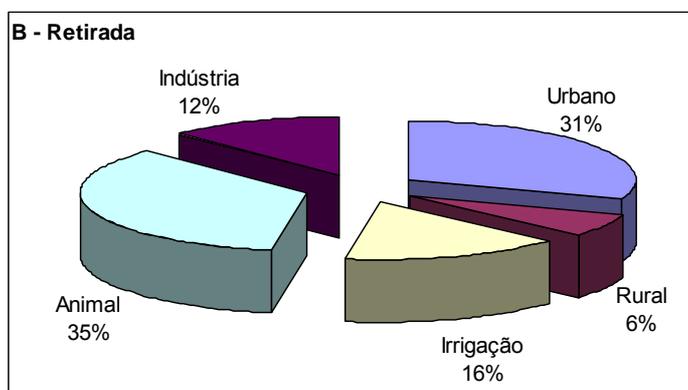
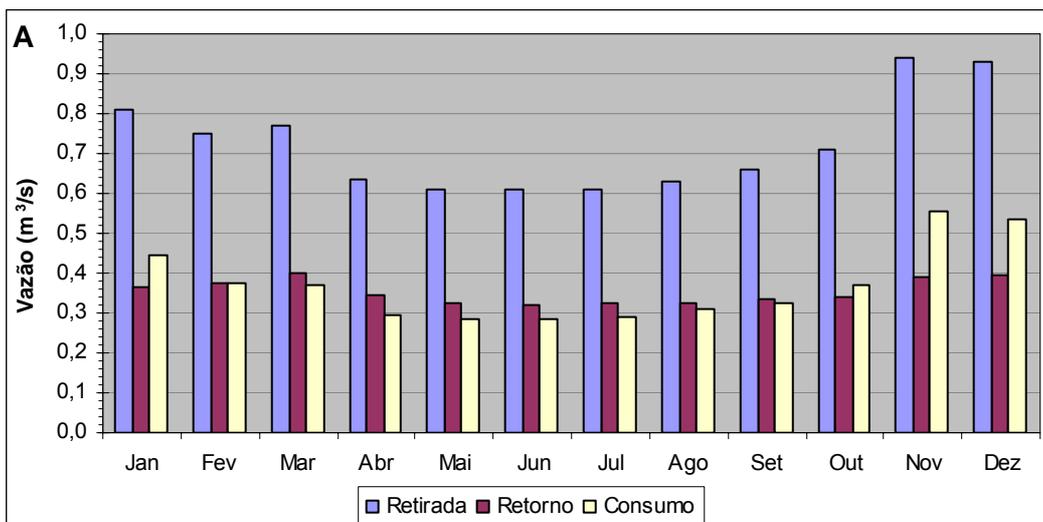


Figura 94. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Balbina, na Bacia do Rio Uatumã, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.31. Bacia do Rio Uruguai



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,22	0,04	0,11	0,25	0,09	0,72
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,18	0,02	0,03	0,05	0,07	0,35

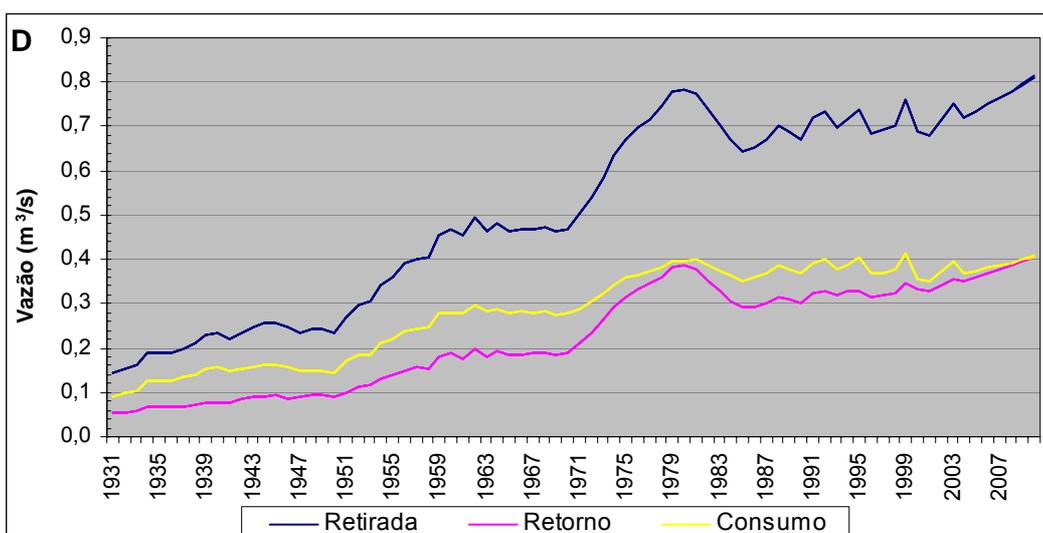
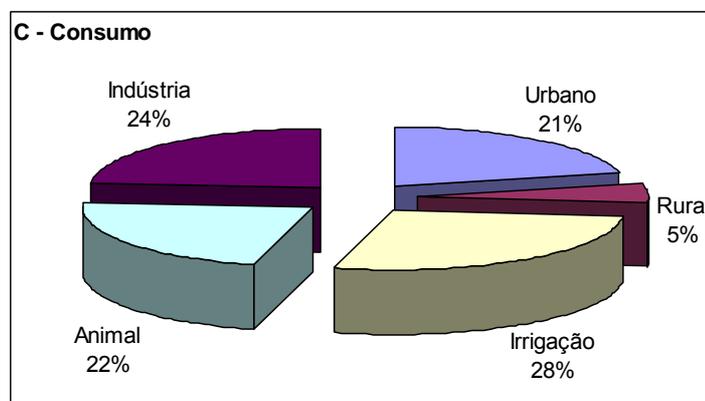
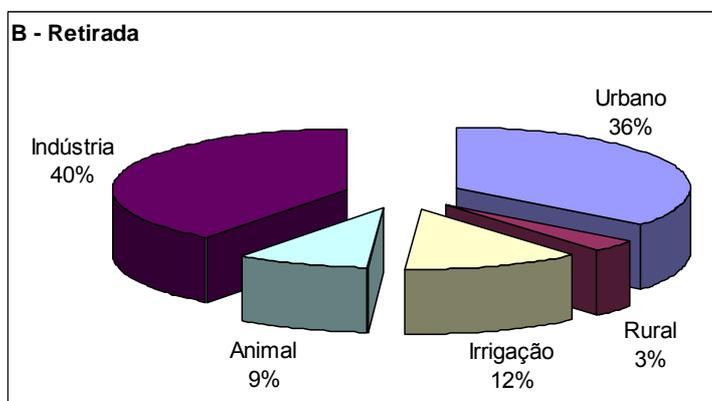
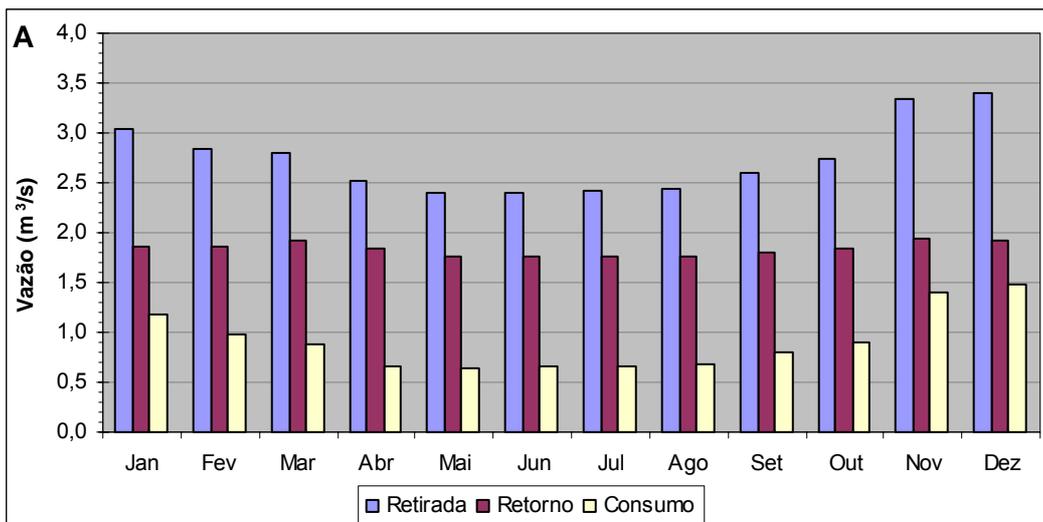


Figura 95. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Barra Grande, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	0,98	0,09	0,34	0,25	1,09	2,75
Retorno (m³.s⁻¹)	0,78	0,04	0,08	0,05	0,87	1,83

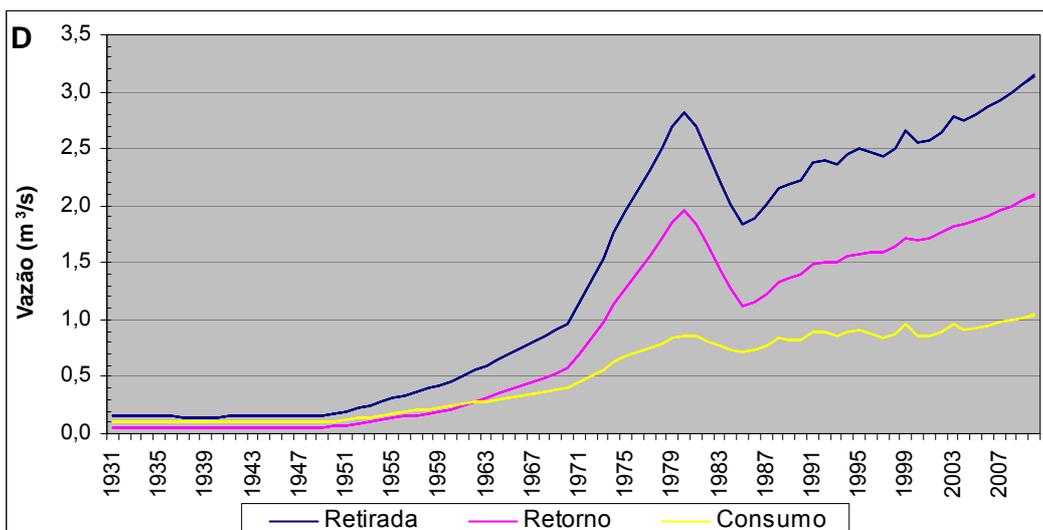
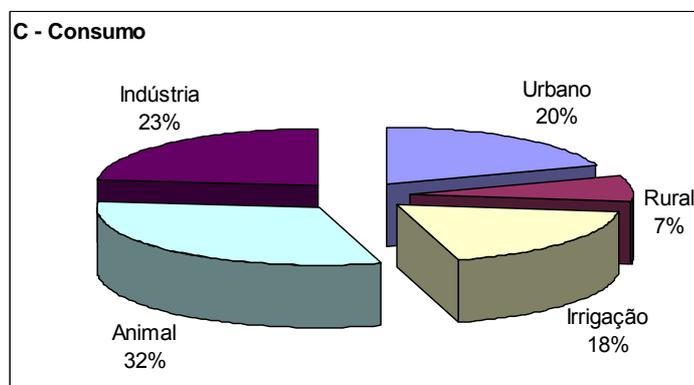
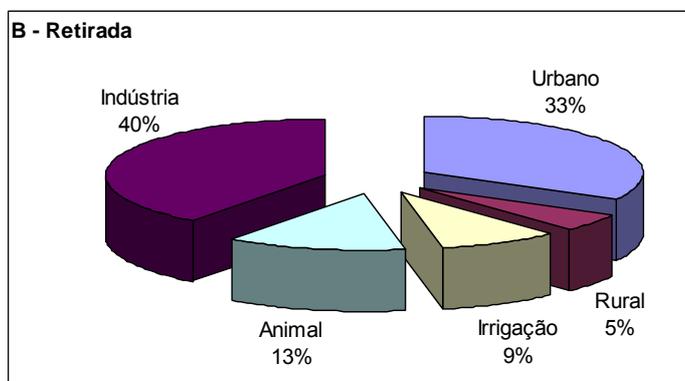
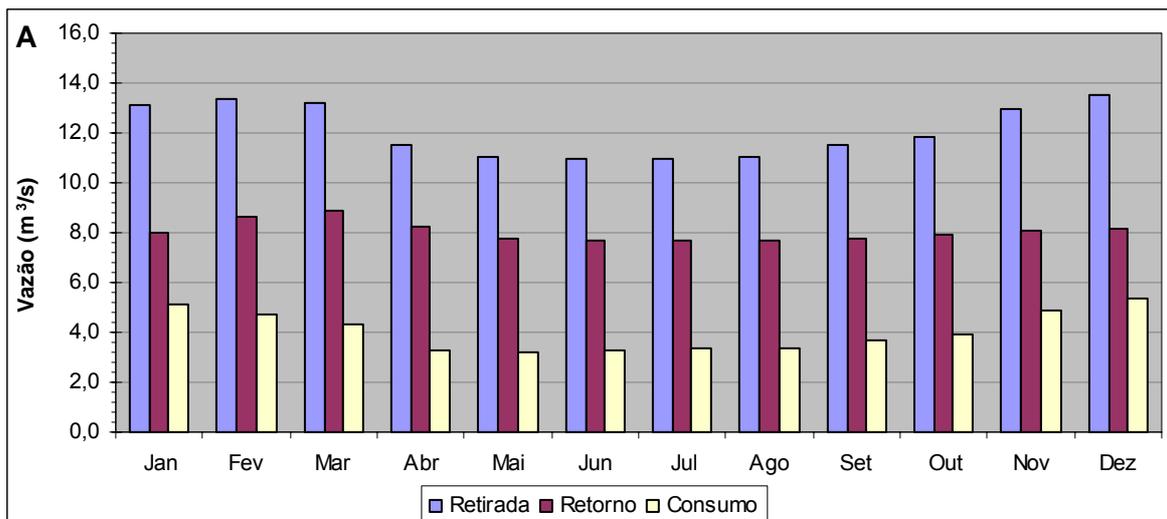


Figura 96. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Campos Novos, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	3,97	0,61	1,12	1,59	4,80	12,09
Retorno (m³.s⁻¹)	3,18	0,30	0,39	0,32	3,85	8,04

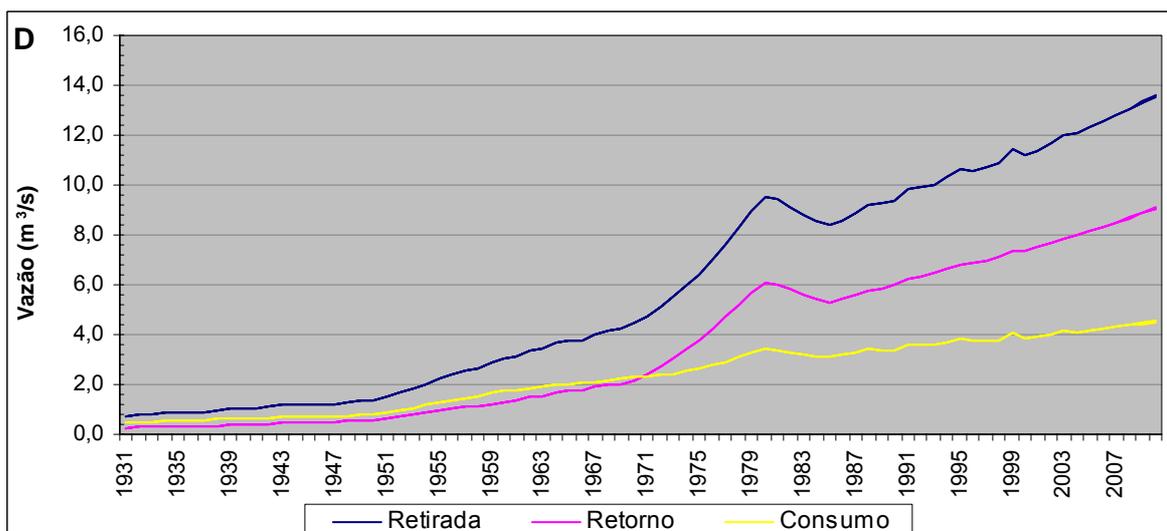
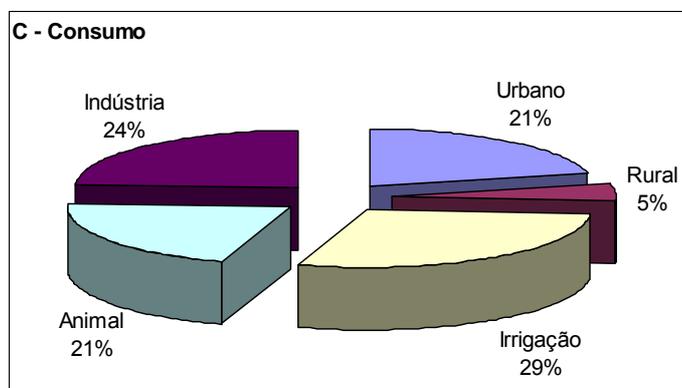
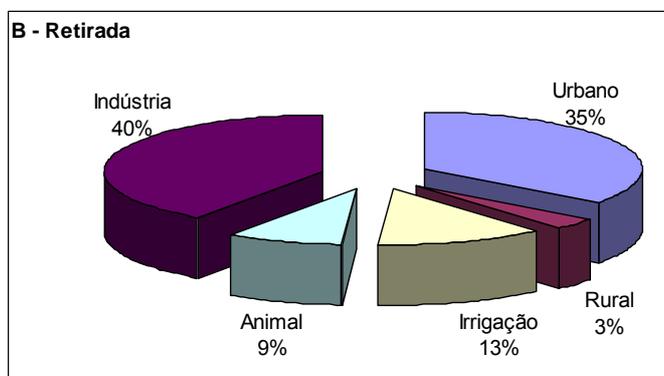
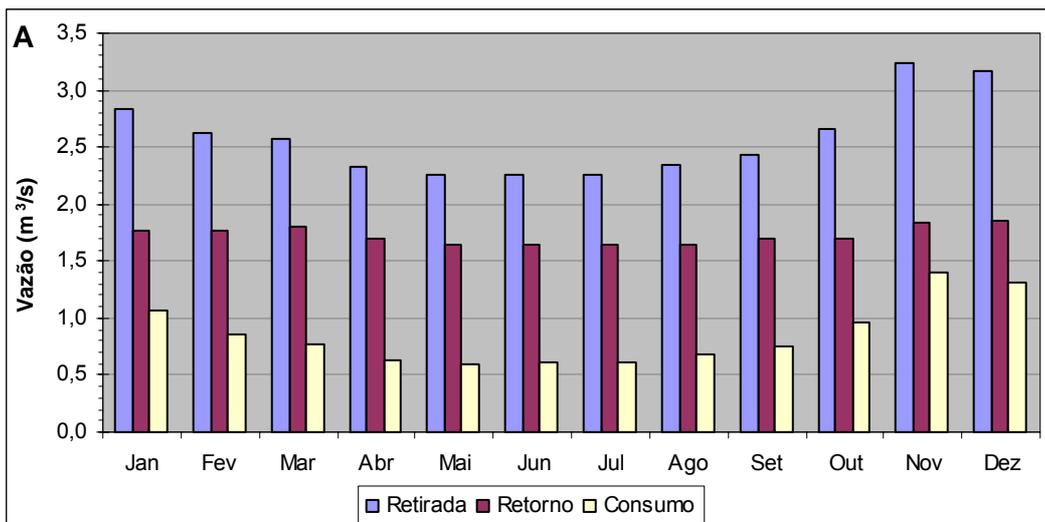


Figura 97. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Foz do Chapecó, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,91	0,08	0,33	0,22	1,04	2,58
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,73	0,04	0,08	0,04	0,83	1,72

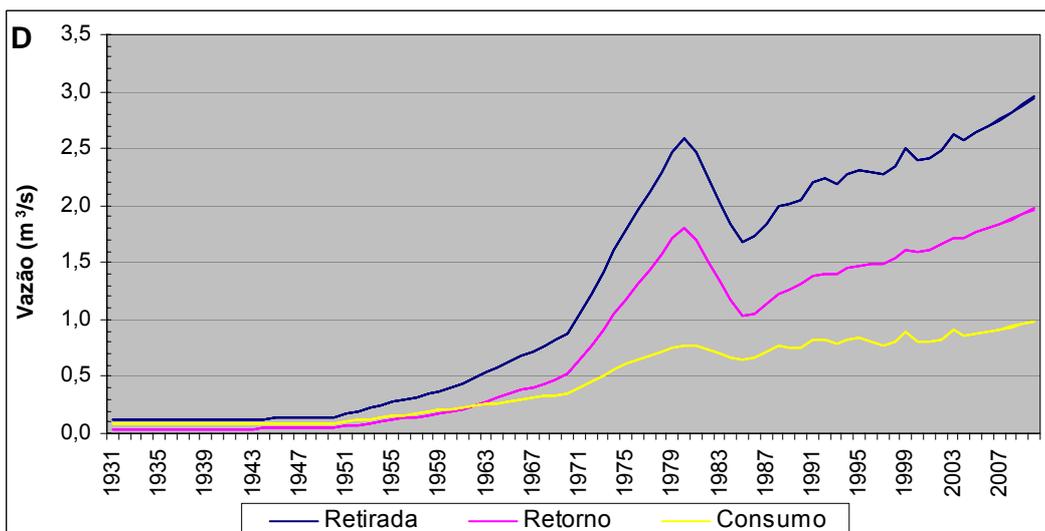
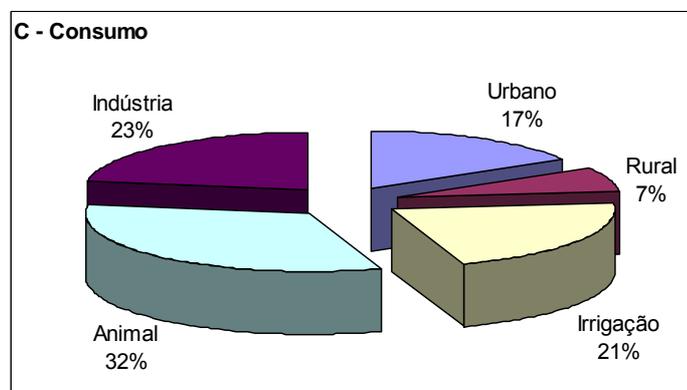
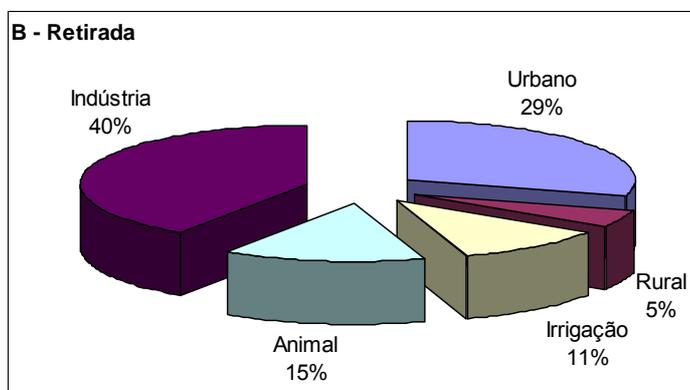
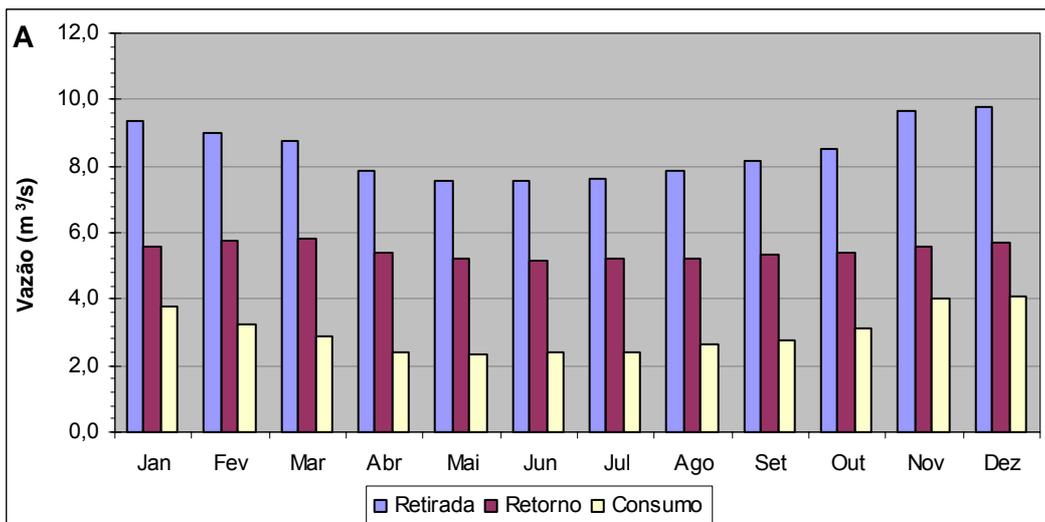


Figura 98. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Garibaldi, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m ³ .s ⁻¹)	2,48	0,42	0,93	1,23	3,43	8,49
Retorno (m ³ .s ⁻¹)	1,99	0,21	0,30	0,25	2,75	5,50

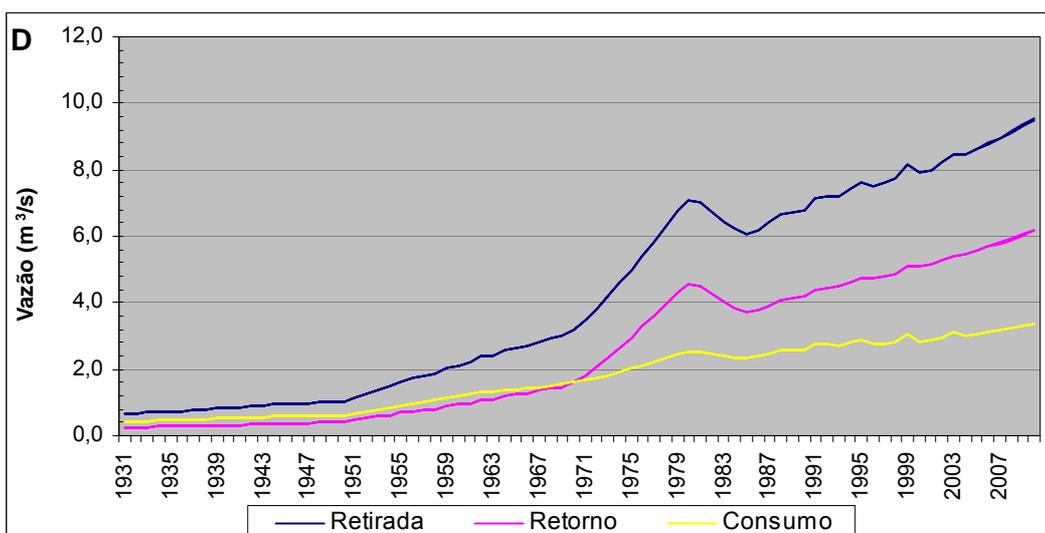
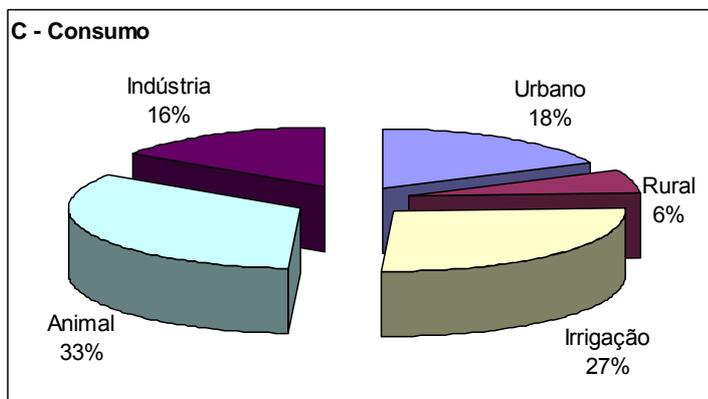
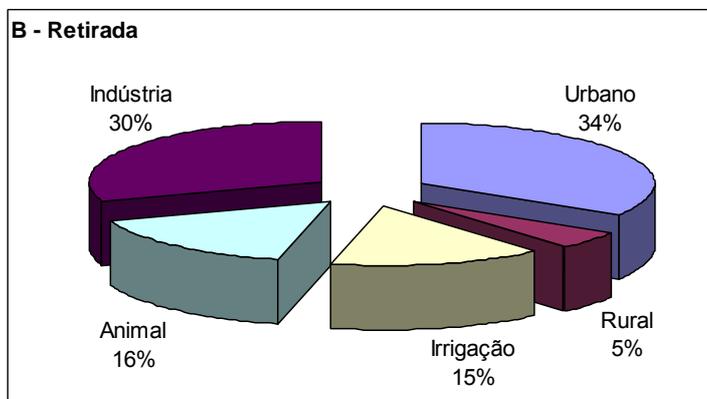
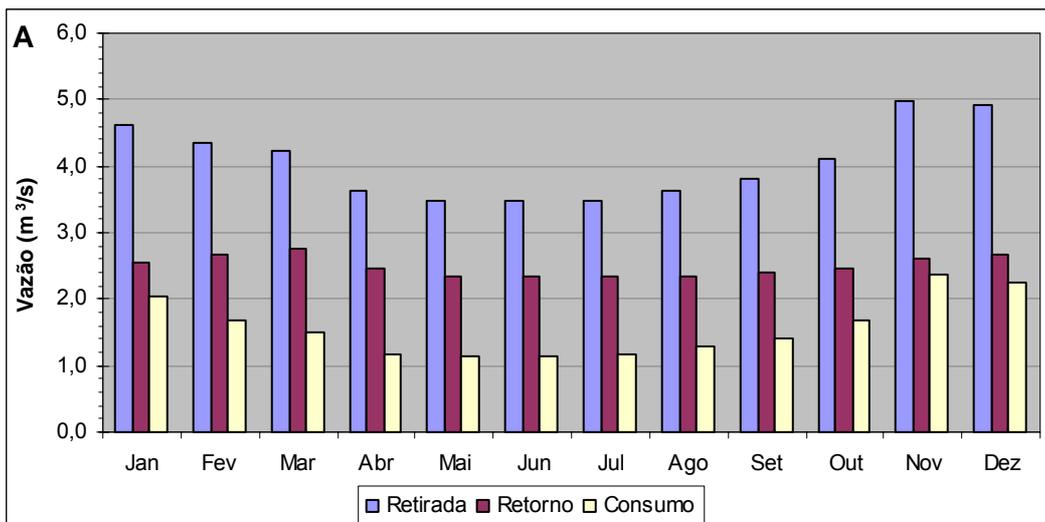


Figura 99. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Itá, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	1,39	0,20	0,60	0,65	1,23	4,07
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	1,11	0,10	0,18	0,13	0,99	2,51

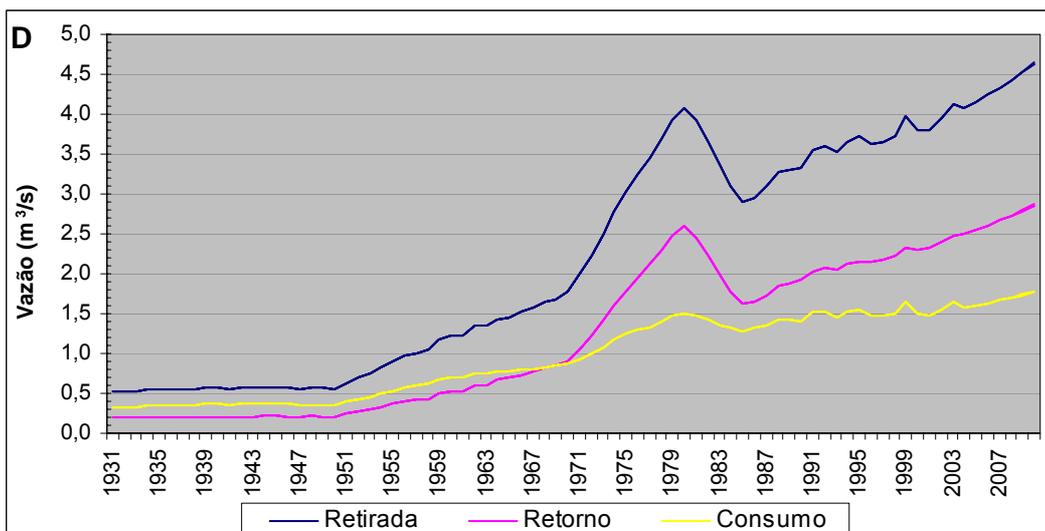
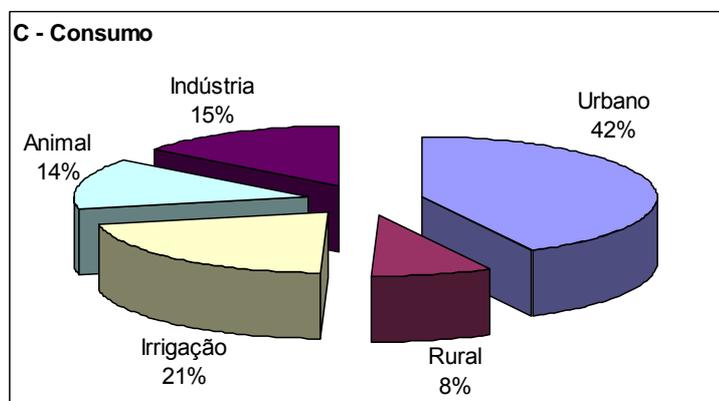
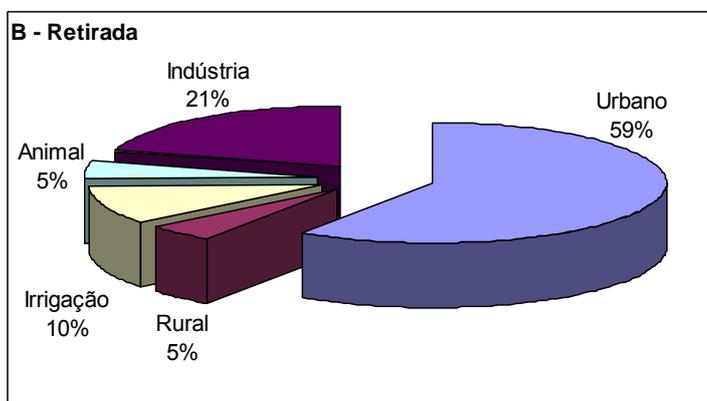
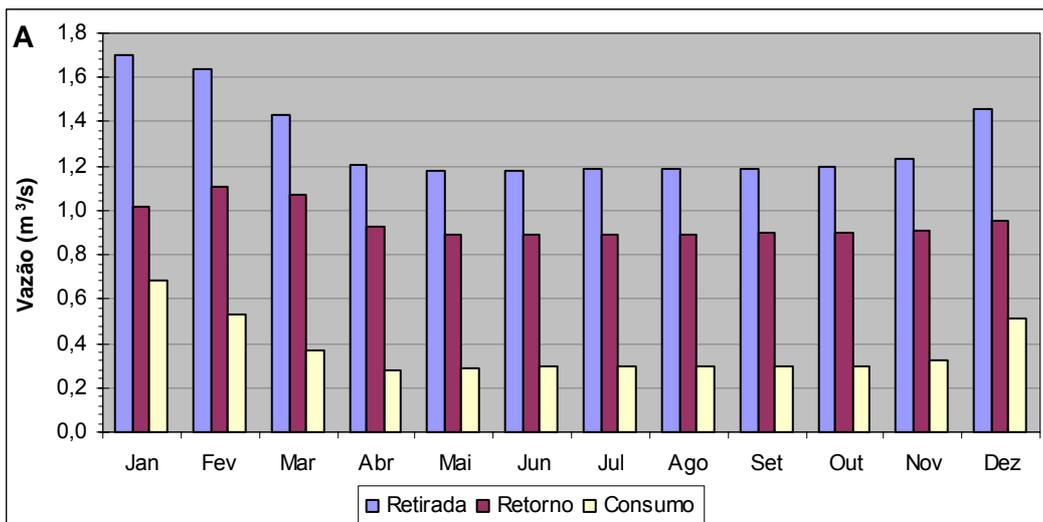


Figura 100. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Machadinho, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m³.s⁻¹)	0,78	0,06	0,13	0,06	0,27	1,32
Retorno (m³.s⁻¹)	0,63	0,03	0,05	0,01	0,22	0,95

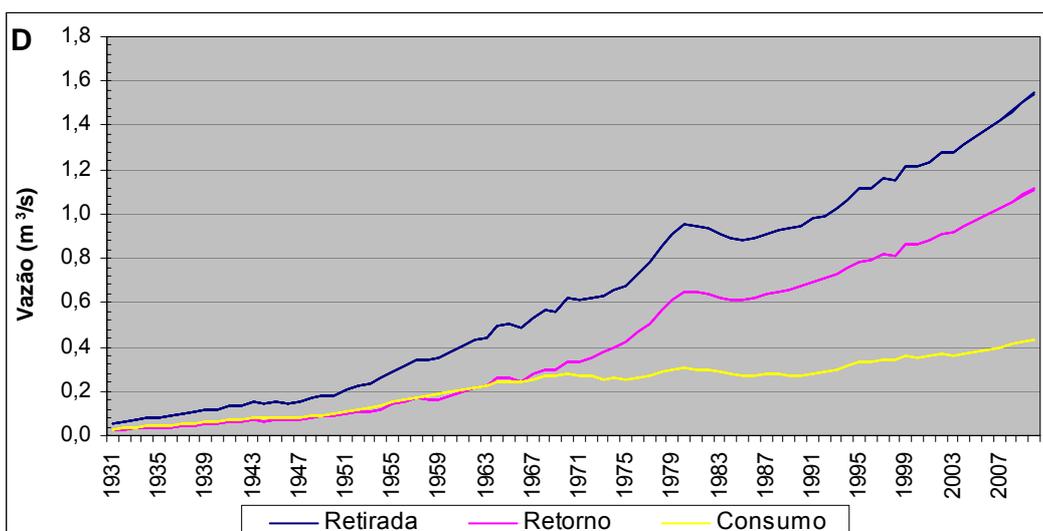
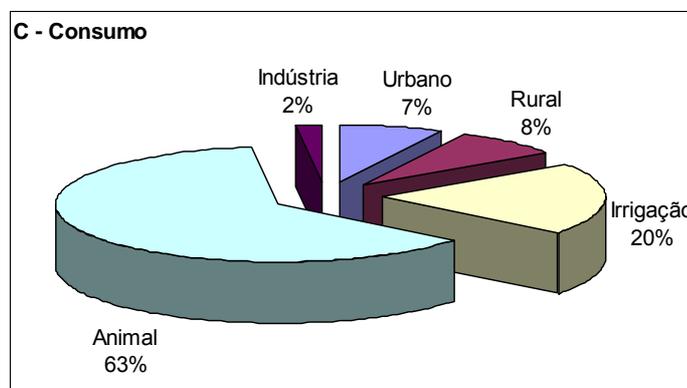
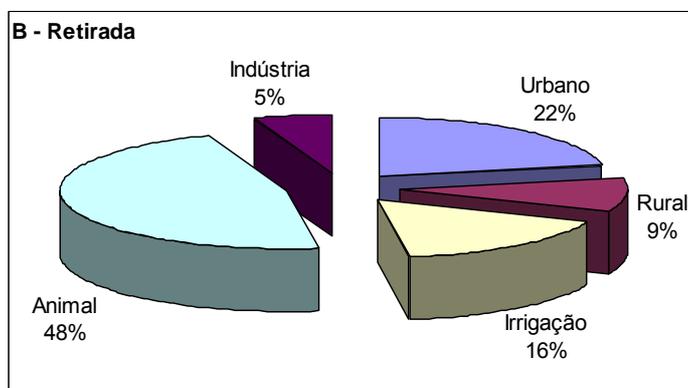
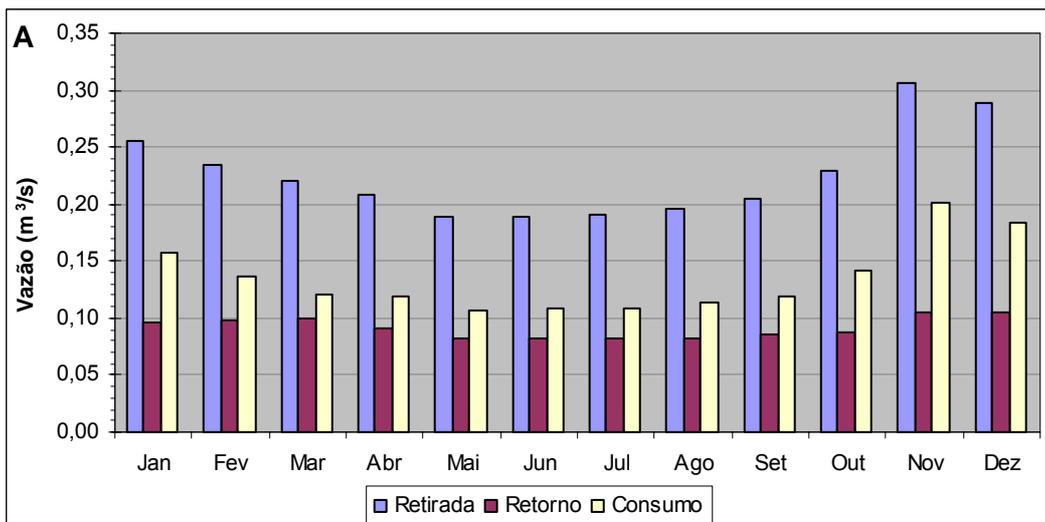


Figura 101. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Monjolinho, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,05	0,02	0,04	0,11	0,01	0,23
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,04	0,01	0,01	0,02	0,01	0,09

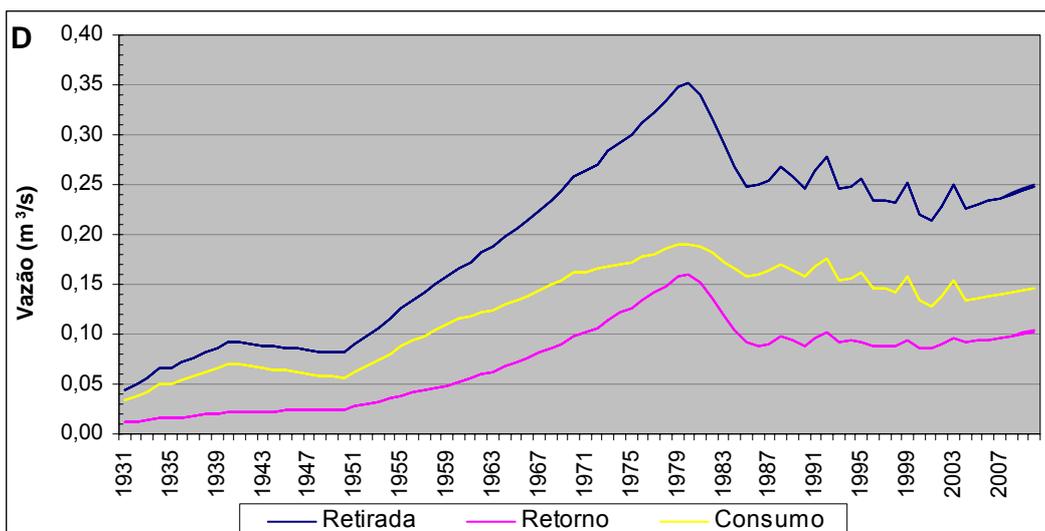
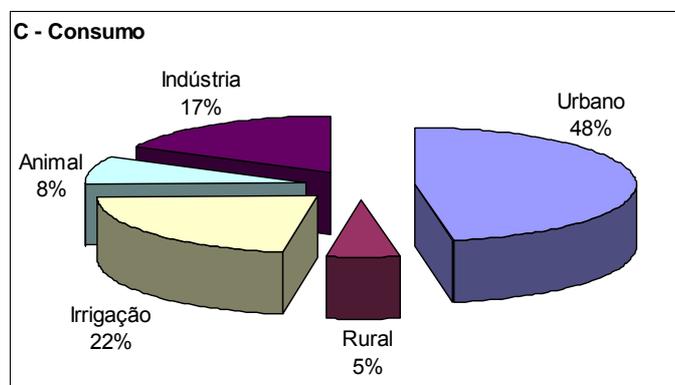
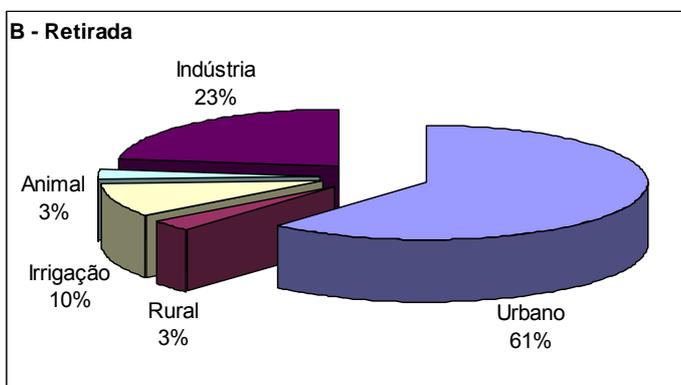
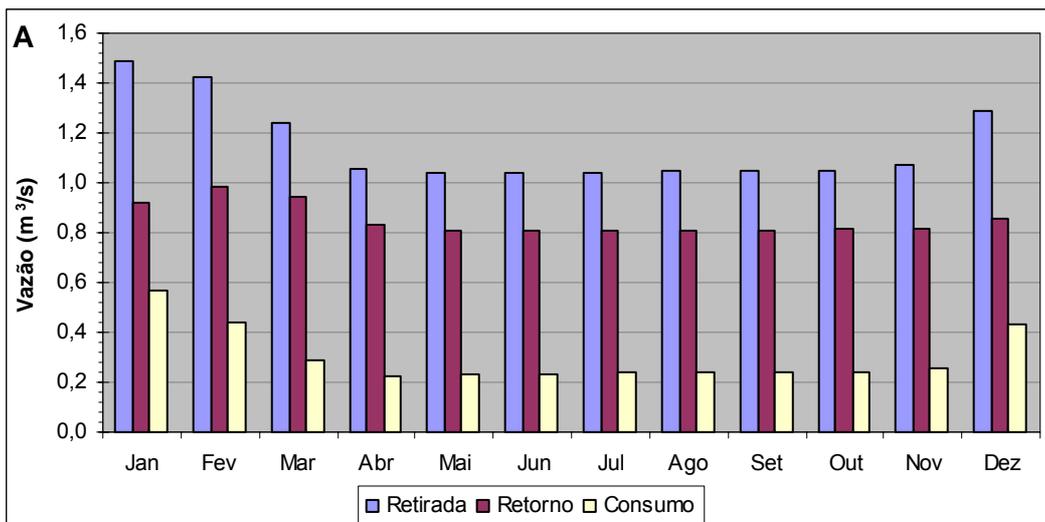


Figura 102. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Pai Querê, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,71	0,03	0,11	0,03	0,27	1,15
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,57	0,02	0,04	0,01	0,21	0,85

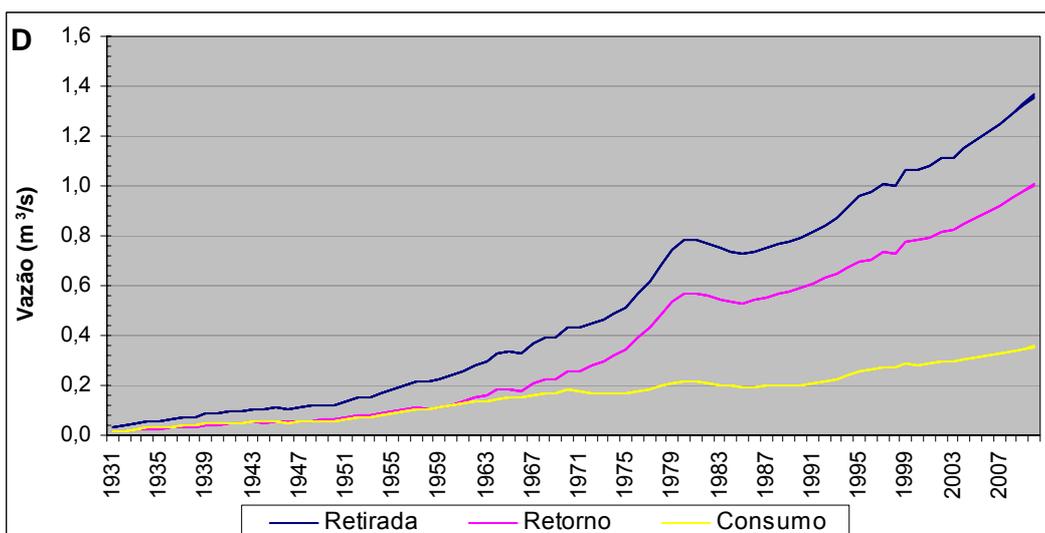
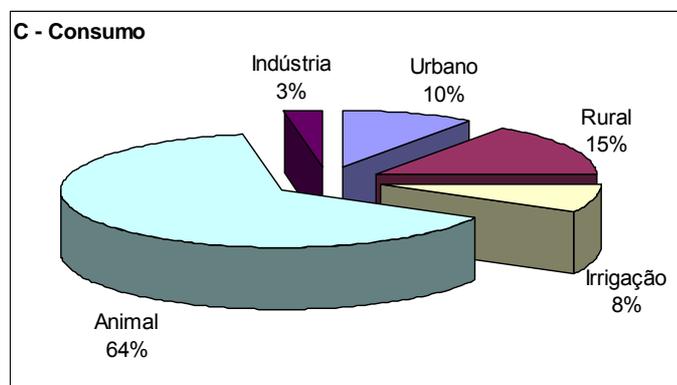
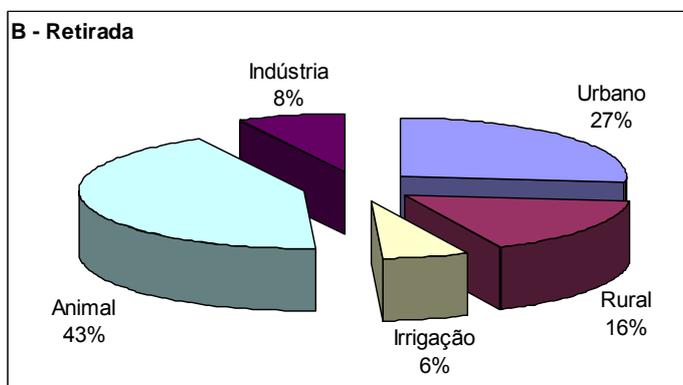
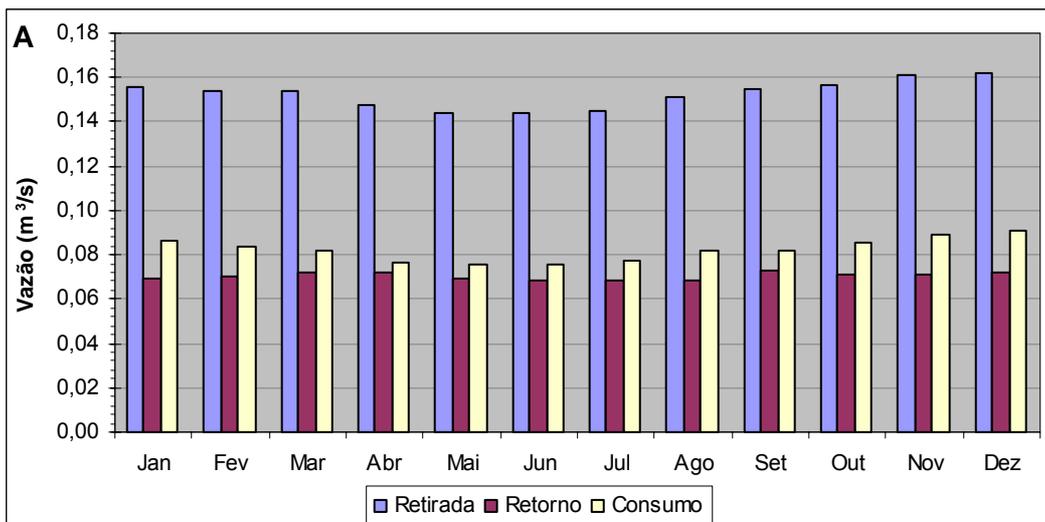


Figura 103. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Passo Fundo, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,04	0,03	0,01	0,07	0,01	0,16
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,06

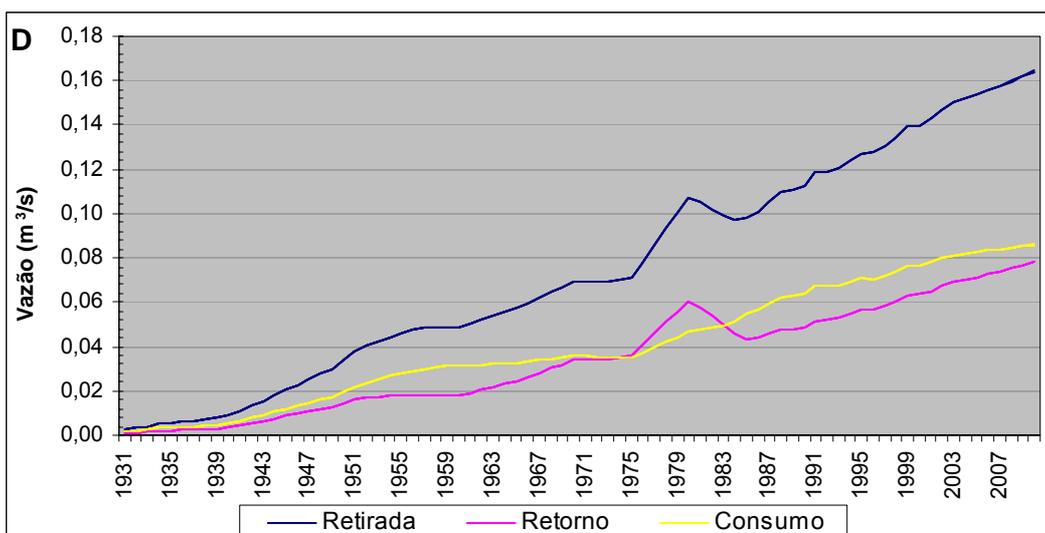
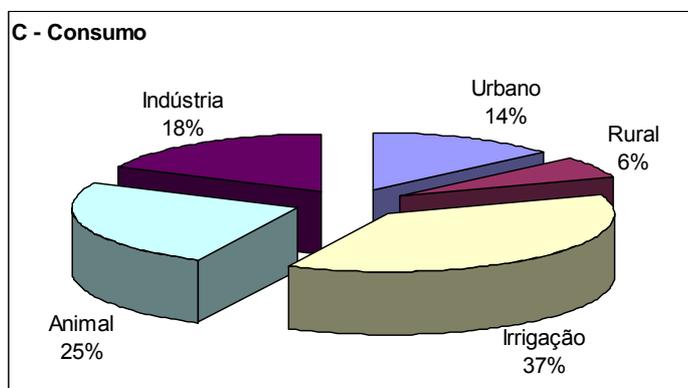
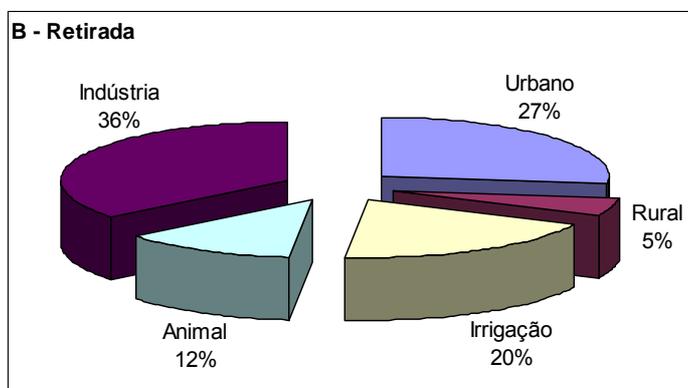
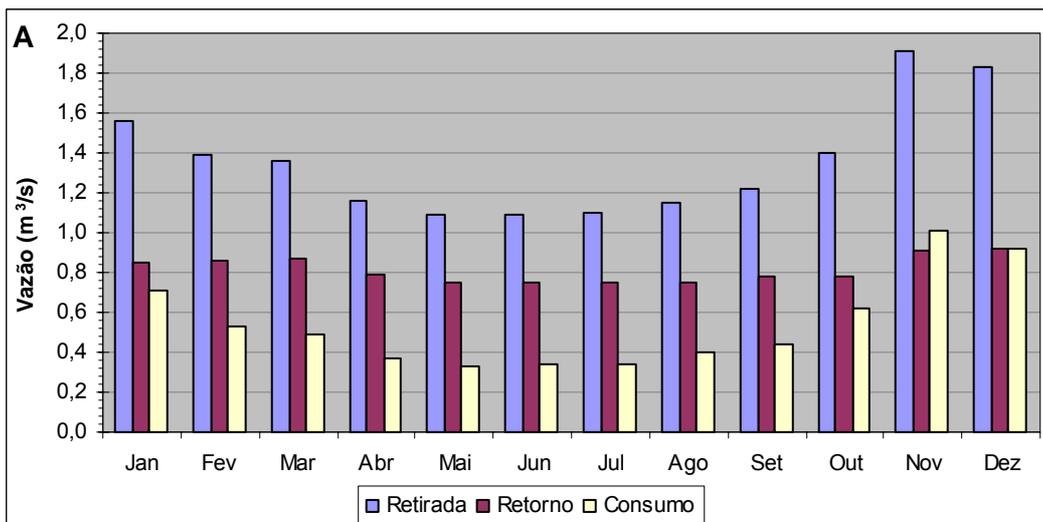


Figura 104. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Quebra Queixo, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,37	0,07	0,27	0,17	0,49	2,00
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,29	0,03	0,06	0,03	0,39	0,80

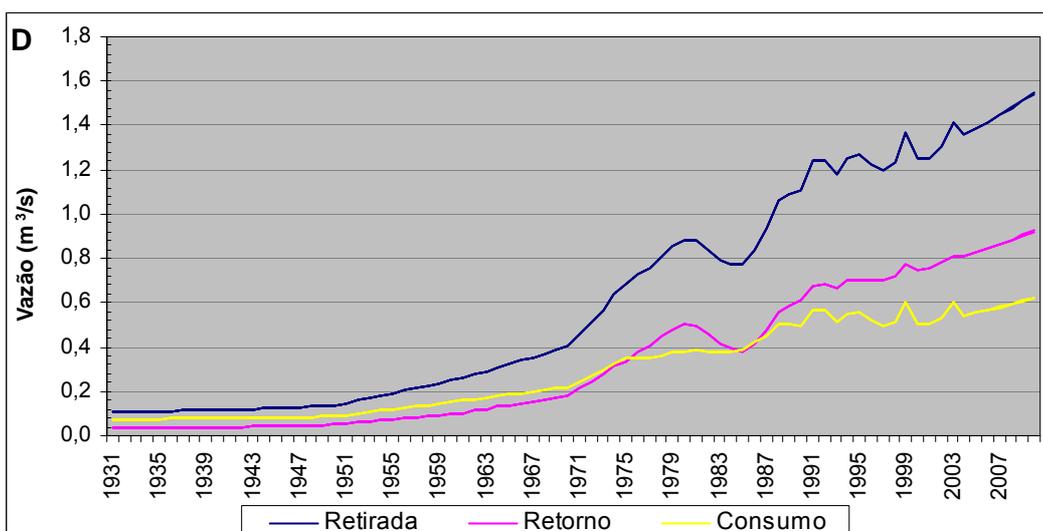
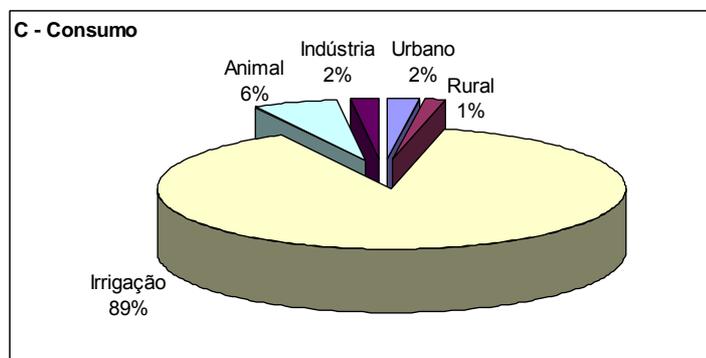
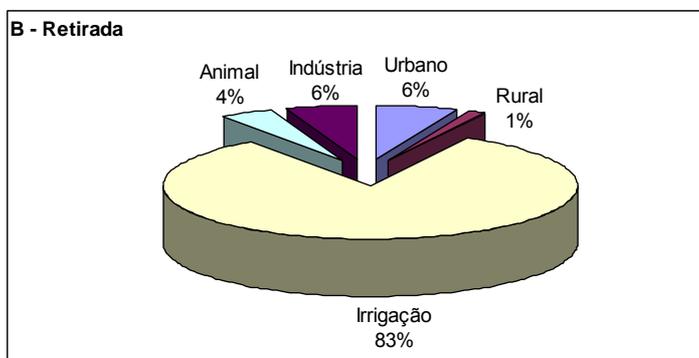
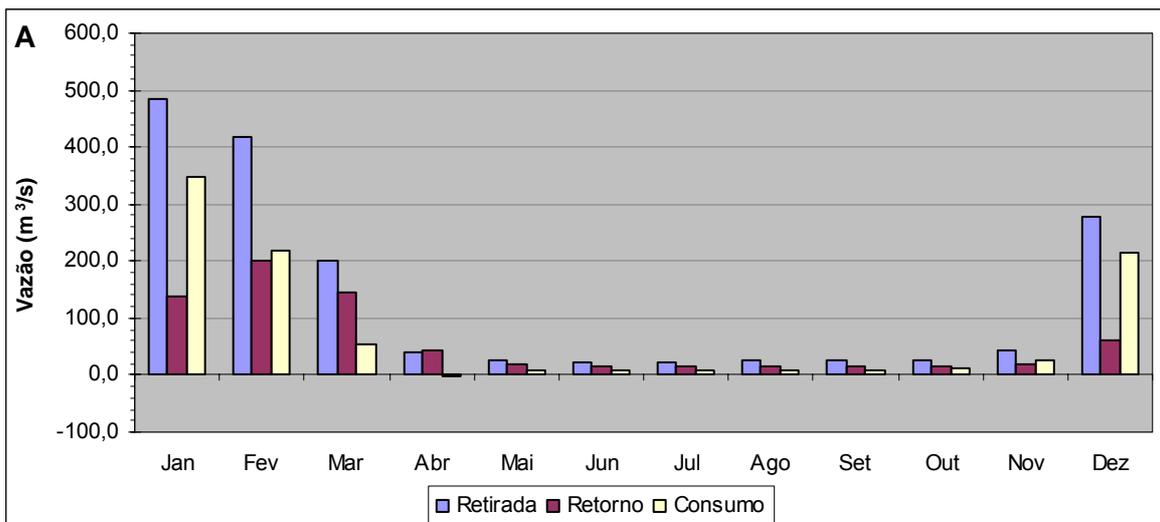


Figura 105. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de São Roque, na Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada (m ³ .s ⁻¹)	8,56	1,93	111,26	5,56	7,46	134,76
Retorno (m ³ .s ⁻¹)	6,84	0,96	43,72	1,11	5,98	58,62

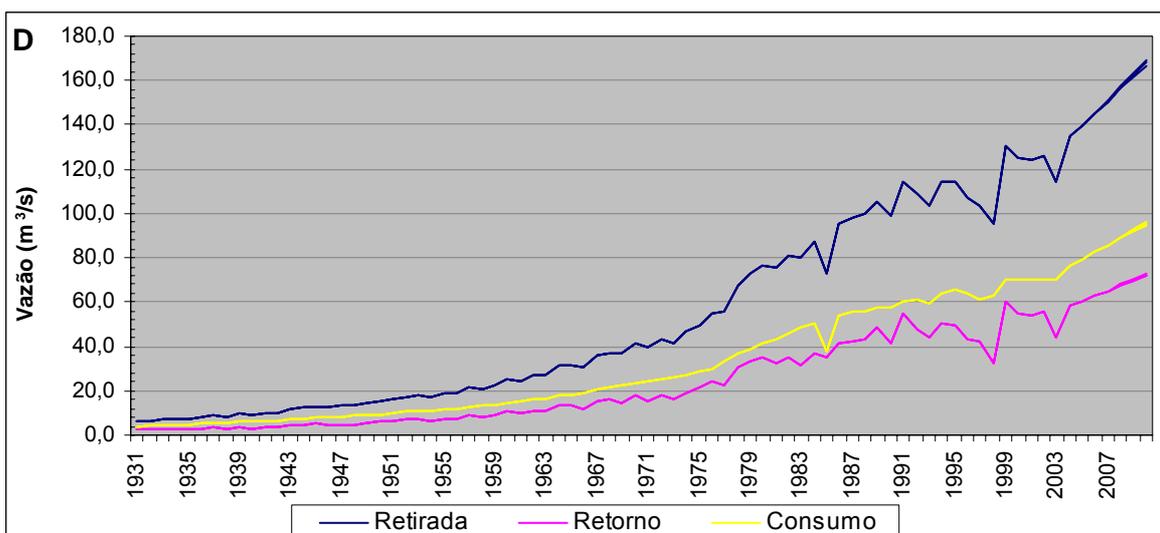
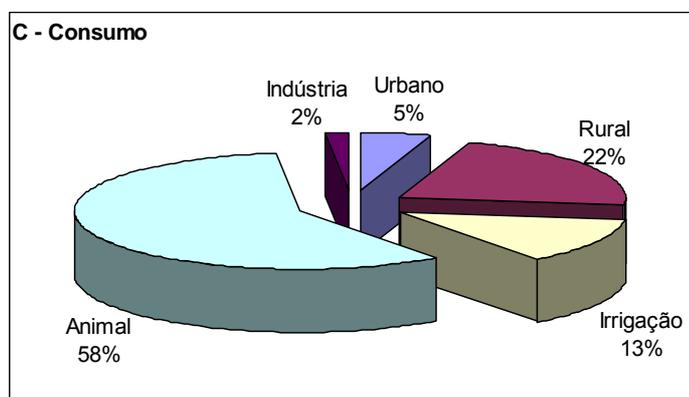
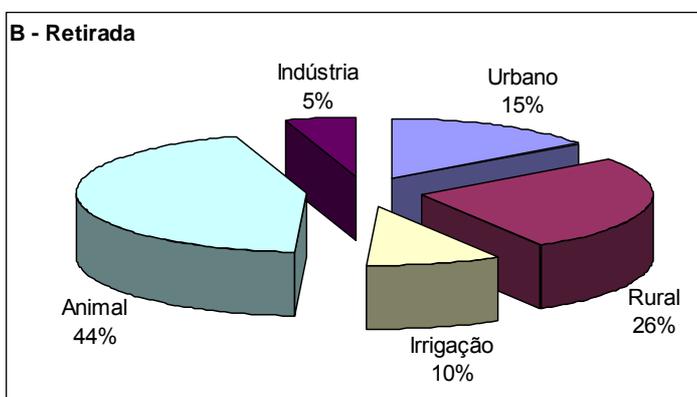
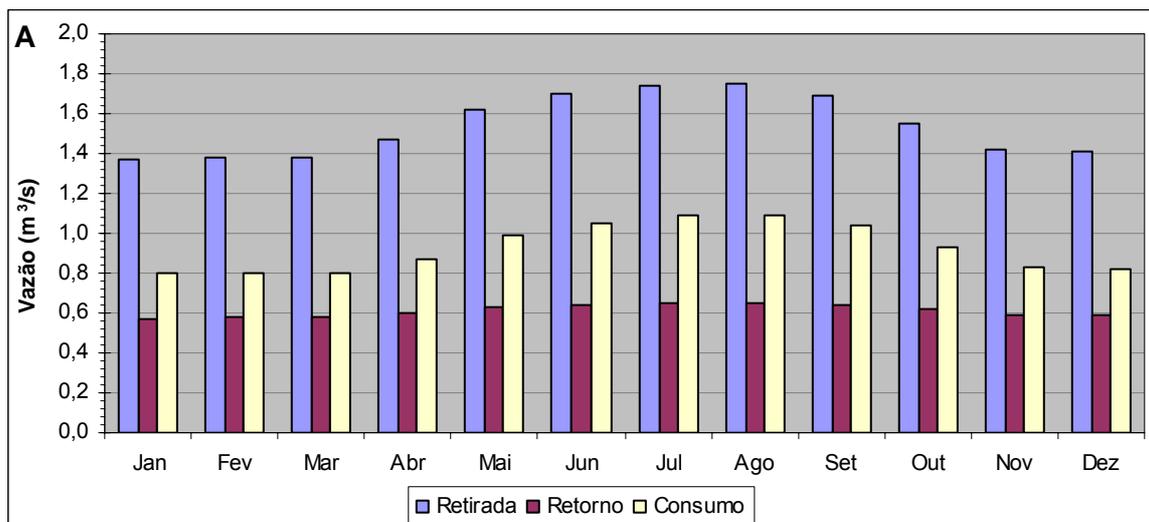


Figura 106. Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Uruguai, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

3.32. Bacia do Rio Xingu



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,23	0,41	0,15	0,68	0,08	1,55
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,18	0,20	0,03	0,14	0,06	0,61

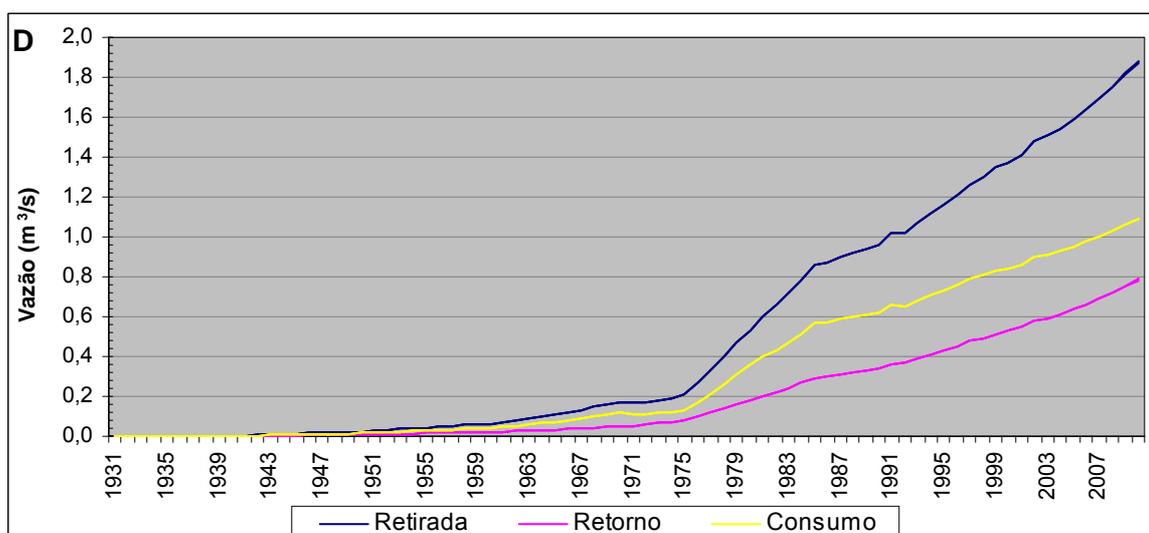
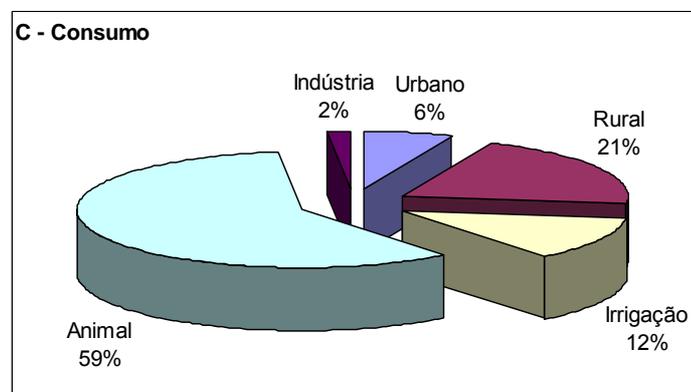
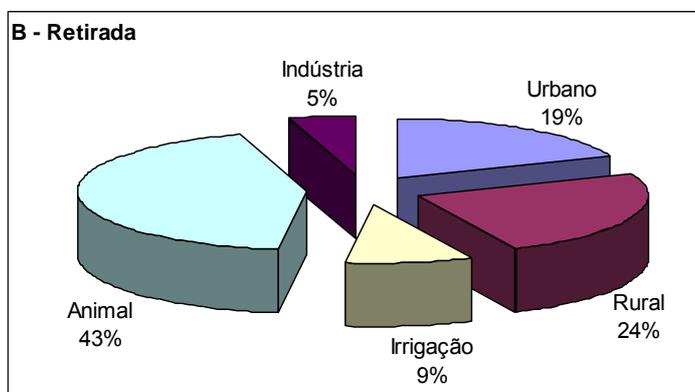
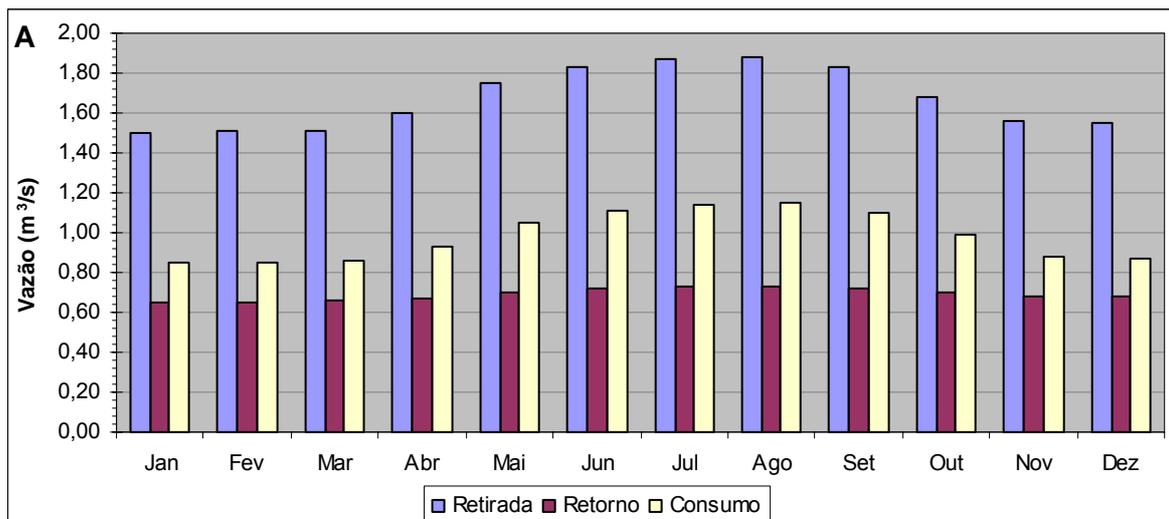


Figura 107. Resultados para a bacia de contribuição do aproveitamento de Belo Monte, na Bacia do Rio Xingu, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).



2004	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Retirada ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,32	0,41	0,15	0,73	0,08	1,67
Retorno ($m^3 \cdot s^{-1}$)	0,25	0,20	0,03	0,15	0,06	0,69

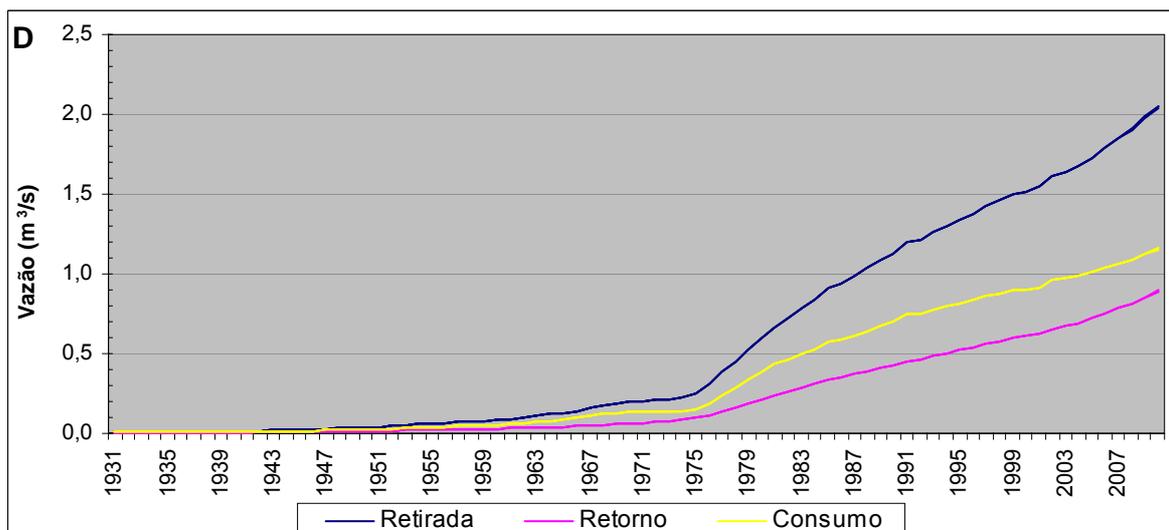


Figura 108. Resultados para a área de contribuição da Foz da Bacia do Rio Xingu, para o ano de 2004 (A, B e C) e médias anuais para o período total do estudo (D).

4. COMENTÁRIOS FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Conforme já mencionado, as atividades desenvolvidas nesse trabalho, bem como todos os seus resultados, foram discutidos, avaliados e aprovados no âmbito da Comissão de Acompanhamento. Foram realizadas quatro reuniões técnicas entre a Comissão e a equipe do Consórcio FAHMA-DZETA, sendo que uma delas contou com a participação dos Agentes. Cabe ainda mencionar que em 2003, durante a elaboração do estudo para outras bacias, a metodologia utilizada foi apresentada à Câmara Técnica do Plano Nacional de Recursos Hídricos e à Câmara Técnica de Outorga, ambas do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Com a publicação oficial dos resultados do estudo de 2003, feita pela ANA por meio das Resoluções N° 209 a 216, todas de 22/04/2004, os valores nele obtidos foram utilizados numa série de outros trabalhos de grande significado para o setor de recursos hídricos, com destaque para:

- Projeto de Revisão das Séries de Vazões Naturais para as Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN, conduzido pelo ONS em 2004;
- Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco, coordenado pela ANA em 2004; e
- Plano Nacional de Recursos Hídricos, concluído em 2006 pela SRH/MMA.

Da mesma forma que no trabalho anterior, o processo de discussão em torno de aspectos da metodologia e dos valores com ela obtidos, contribuiu para o amadurecimento do conjunto metodológico como um todo. Ao mesmo tempo, melhorou o conhecimento sobre os dados disponíveis, as potencialidades do seu aproveitamento e, sobretudo, sobre as suas deficiências.

Neste capítulo, tendo em vista a necessidade de aprofundamento desse tipo de estudo e a possibilidade da sua replicação em outras regiões, considerando também as dificuldades vividas na condução das atividades, a equipe do Consórcio FAHMA – DZETA apresenta algumas recomendações que podem orientar os passos futuros das instituições envolvidas.

As experiências adquiridas possibilitam algumas recomendações de caráter abrangente e outras mais específicas, para cada tipo de uso:

As recomendações de caráter geral podem ser assim sintetizadas:

- a) Deve-se obter as séries de vazões do restante do território nacional, tal como feito para as bacias estudadas. Somadas as duas etapas da estimativa de usos consuntivos (a de 2003 e esta), foram abrangidas as principais regiões de interesse imediato do Setor Elétrico. Entretanto, considerando que aproveitamentos construídos em outras regiões devem estar sujeitos às mesmas condições de planejamento é necessário avaliar a necessidade de estudar as áreas remanescentes. Some-se a isso o interesse particular que a estimativa de usos consuntivos tem para a gestão de recursos hídricos em algumas das regiões não abrangidas.
- b) É necessário realizar investimentos na aquisição e/ou levantamento de dados primários de boa qualidade para a atualização de trabalhos como este. Uma alternativa viável para isso é a formação de parcerias com instituições

dedicadas à produção de dados de interesse. Durante a execução do trabalho, assim como já observado em 2003, duas delas figuraram como fundamentais: o IBGE (para a obtenção de dados demográficos, sócio-econômicos e de infra-estrutura) e o INMET (para a obtenção de dados meteorológicos, ou mesmo de informações mais elaboradas, como a ETo já calculada, por exemplo).

- c) É importante dar continuidade ao processo de aprimoramento da base metodológica utilizada, com vistas à atualização futura das séries já obtidas. Esse processo de aprimoramento deve priorizar as rotinas utilizadas para as estimativas das vazões do abastecimento industrial, pela dificuldade de obtenção de dados nas fontes atualmente utilizadas, e da irrigação, pelo peso que tem este uso em grande parte das bacias nacionais.
- d) Seria pertinente a verificação detalhada das coordenadas geográficas das estações meteorológicas, das estações pluviométricas e, principalmente, dos aproveitamentos hidrelétricos, de forma a constituir uma base de dados padronizada, com definição de critérios de georreferenciamento e locação dos pontos.

Para se implementar a recomendação "a", basta que se aplique, nas demais bacias, e nos municípios faltantes nas bacias estudadas, os passos seguidos neste trabalho, com a aplicação da mesma metodologia. Uniformizar o conhecimento das diversas bacias traria grandes benefícios para a gestão dos recursos hídricos.

Com relação à segunda sugestão "b", houve um avanço a partir da utilização da base de dados meteorológicos única de todo o território nacional juntamente com a agregação de estações com, pelo menos, 15 anos de dados. Porém, notou-se que a densidade ainda é um problema a ser sanado, principalmente nas regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil. A redução do período de dados exigidos de 15 para 10 anos certamente traria um ganho adicional nos resultados obtidos.

Assim como destacado anteriormente, um caso que teve forte implicação neste trabalho foi a inexistência de informações recentes sobre as áreas ocupadas com irrigação. Dada a importância da irrigação como consumidora de água, é imprescindível a realização de um cadastro da atividade e a elaboração de um plano (com cronograma e definição de responsabilidades) para a sua operação e, principalmente, para a sua atualização sistemática. A ANA está trabalhando nesse sentido¹¹, porém os resultados ainda não são passíveis de utilização.

Enquanto não se dispõe de um cadastro completo e consistido, uma boa alternativa para conhecer melhor as áreas ocupadas com a irrigação seria utilizar o sensoriamento remoto. A utilização de imagens de satélite para levantamento de usos e ocupação do solo é uma ferramenta que vem sendo utilizada com sucesso para mapeamento de áreas irrigadas.

O mapeamento da irrigação com base em imagens de satélite, em conjunto com a base de micro-dados do IBGE sobre o tema, possibilitaria a montagem de um banco de dados com informações de excelente qualidade. A utilização de micro-dados não é simples e implica na necessidade de elaboração de software específico, contudo os

¹¹ Merece destaque o cadastramento dos usuários da bacia do São Francisco, realizado em 2005 sob a coordenação da ANA e da CODEVASF.

benefícios podem ser significativos e o custo, muito menor quando comparado ao do cadastramento.

A questão da eficiência da irrigação no País também merece atenção, pois segue sendo uma incógnita na maior parte das áreas. A literatura é rica em citações que se referem, quase sempre, à parâmetros médios típicos da Eficiência de Aplicação. Seria oportuna uma ação para obter valores representativos de Eficiência Total para os diversos tipos irrigação, nas condições de cada região. É possível que instituições de pesquisa e acadêmicas, se interessem por esse tipo de demanda.

Em relação à inexistência de dados adequados, é importante a questão da indústria. A estimativa das vazões para a indústria deve ser objeto de ampla discussão, com o objetivo de definir parâmetros mais adequados. A princípio, o processo utilizado neste estudo pode, com alguns refinamentos na uniformização das classes de indústria consideradas, ser utilizado em futuras estimativas, principalmente naquelas que envolvam a obtenção de vazões históricas. Contudo, deve-se buscar a obtenção de parâmetros - que relacionem quantidade produzida com vazões de retirada e retorno - mais adequados ao tipo de cálculo aqui empregado.

A recomendação "c", no contexto aqui exposto, é prioritária. Entende-se, no entanto, que, para a sua implementação, são necessários prazo mais longo e o envolvimento de instituições de pesquisa, porque demanda discussão de conceitos e levantamentos de dados primários. A idéia que se tem hoje sobre o arranjo necessário a esta sugestão passa pela separação da metodologia atual em três grupos temáticos, a saber:

- Grupo 1: Consumo Humano (abastecimentos urbano e rural);
- Grupo 2: Consumo na Agropecuária (irrigação e dessedentação animal); e
- Grupo 3: Consumo Industrial.

A coordenação técnica de cada um desses grupos seria delegada a uma instituição de reconhecida capacidade técnica no tema, cabendo à ANA a coordenação geral dos trabalhos.

No âmbito de cada grupo seriam desenvolvidas as atividades necessárias à proposição de eventuais refinamentos da metodologia utilizada, à luz dos resultados obtidos e de testes/pesquisas conduzidos com o rigor científico necessário.

Uma importante linha de pesquisa a ser explorada neste caso trataria do estabelecimento de correlações entre parâmetros socioeconômicos – disponíveis em maior quantidade e qualidade – e demandas hídricas setoriais. É fato que existem setores da economia que tradicionalmente se recusam – ou têm grande resistência – a informar seu efetivo consumo, ou mesmo a relação consumo de água/produto gerado do processo produtivo por eles praticado, o que dificulta a obtenção dessas demandas por consulta direta.

Seria muito relevante que, neste processo de aprofundamento científico, se conduzissem estudos no sentido definir taxas de retorno mais adequadas a cada tipo de uso, considerada adequadamente a diversidade observada no Brasil em aspectos como diversidade do meio físico, infra-estrutura e sócio-economia.

Para tirar todo o proveito possível da participação das instituições de pesquisa é necessário que a ANA, em articulação com os órgãos setoriais relacionados a cada

tema, elabore Termos de Referência específicos. Ao fazer isso, deve se certificar de que todas as dificuldades vividas nesta estimativa, bem como eventuais fragilidades dos procedimentos e/ou dados adotados, sejam devidamente consideradas. Ou seja, não se pode perder a oportunidade de evoluir na busca por um conjunto de procedimentos adequados às dimensões no País e, ao mesmo tempo, trabalhar para reduzir a carência de informações observada.

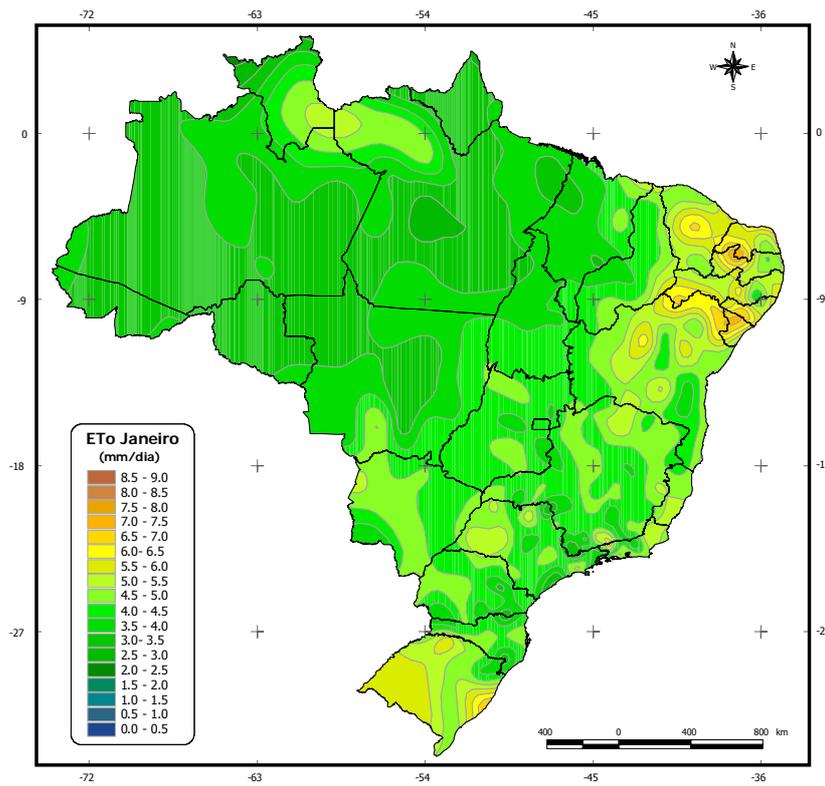
Cabe ainda comentário sobre a recomendação “d”, que decorre dos problemas encontrados nos cadastros de informações utilizados nesse projeto. Esse tipo de inconsistência, quando verificada nas estações climatológicas ou pluviométricas, pode causar impacto nas estimativas das vazões de irrigação. No caso das distorções observadas nas coordenadas de alguns aproveitamentos, o impacto é sentido em todas as vazões que, segundo a metodologia utilizada, são dependentes da área de contribuição, quais sejam: irrigação, abastecimento rural e consumo animal. É perfeitamente cabível a existência de pequenas distorções de locação, uma vez que, em muitos casos, as coordenadas não se referem ao corpo da barragem, mas sim à casa de força. Porém, inconsistências como as observadas nos dados originais dos aproveitamentos de Jacuí, Pai Querê e Lages poderiam ter comprometido seriamente a qualidade dos resultados.

Assim, fica mais uma vez evidente que estudos deste tipo devem ser atualizados continuamente, de forma sistemática, em intervalos de tempo não muito longos. Tais intervalos de tempo são naturalmente definidos pelo aperfeiçoamento da metodologia e/ou pela disponibilização de dados mais atuais.

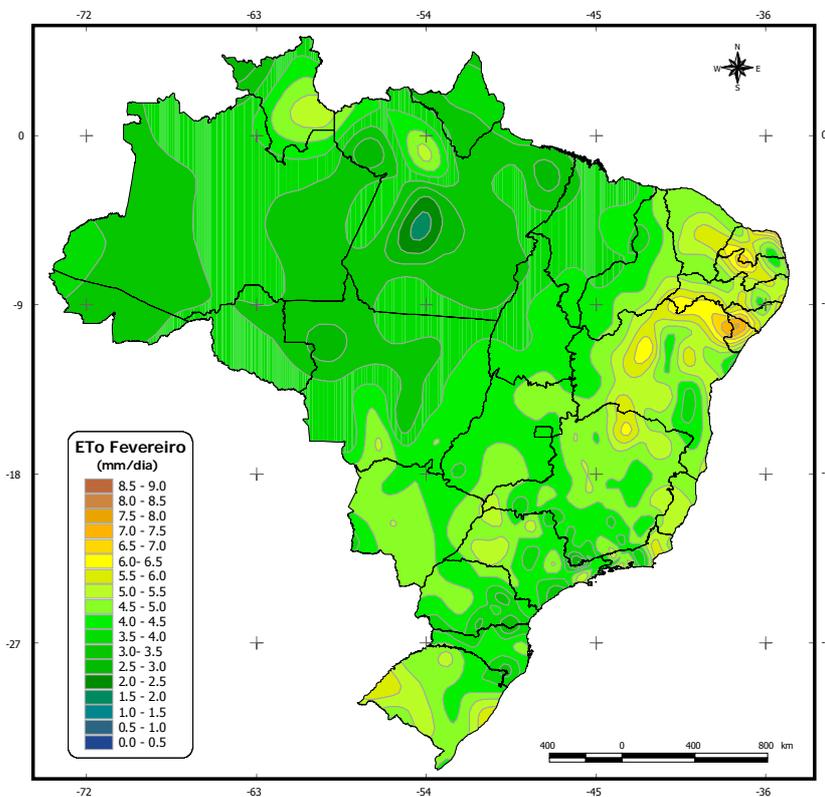
Por fim, ao se concluir este trabalho, não se deve esquecer que cabe ao setor elétrico – representado na Comissão de Acompanhamento pelo ONS, pela ANEEL e pelo MME – como, aliás, cabe a qualquer dos demais setores usuários, além de eventualmente patrocinar as ações (como, neste caso, mais uma vez o fez), atuar para que elas sejam de fato implementadas.

5. ANEXOS

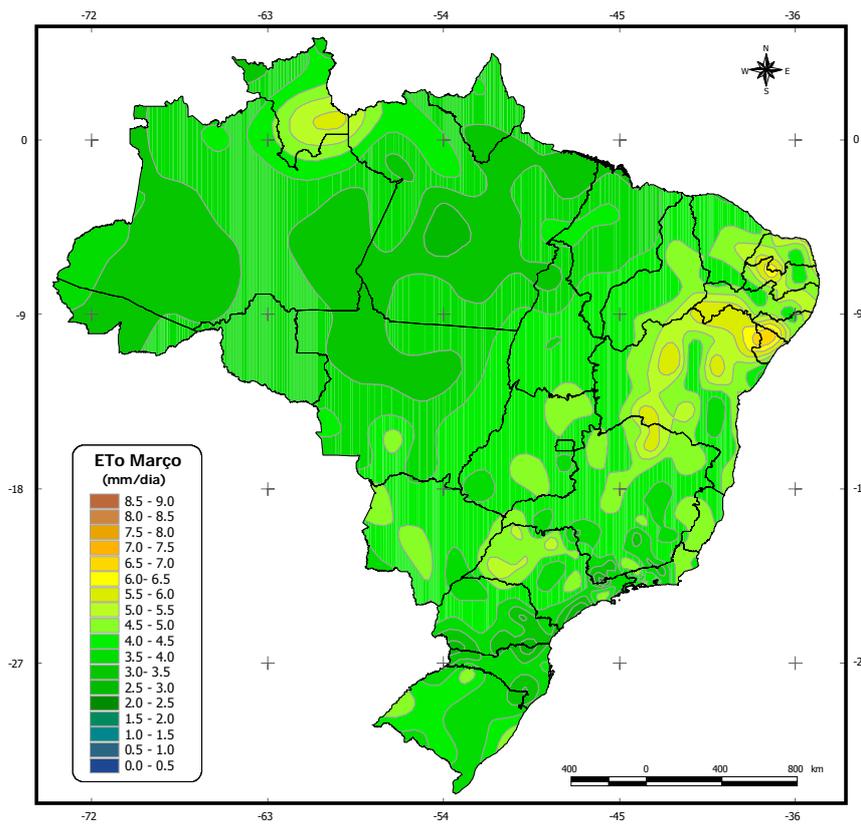
ANEXO 1 – Mapas da Evapotranspiração de Referência



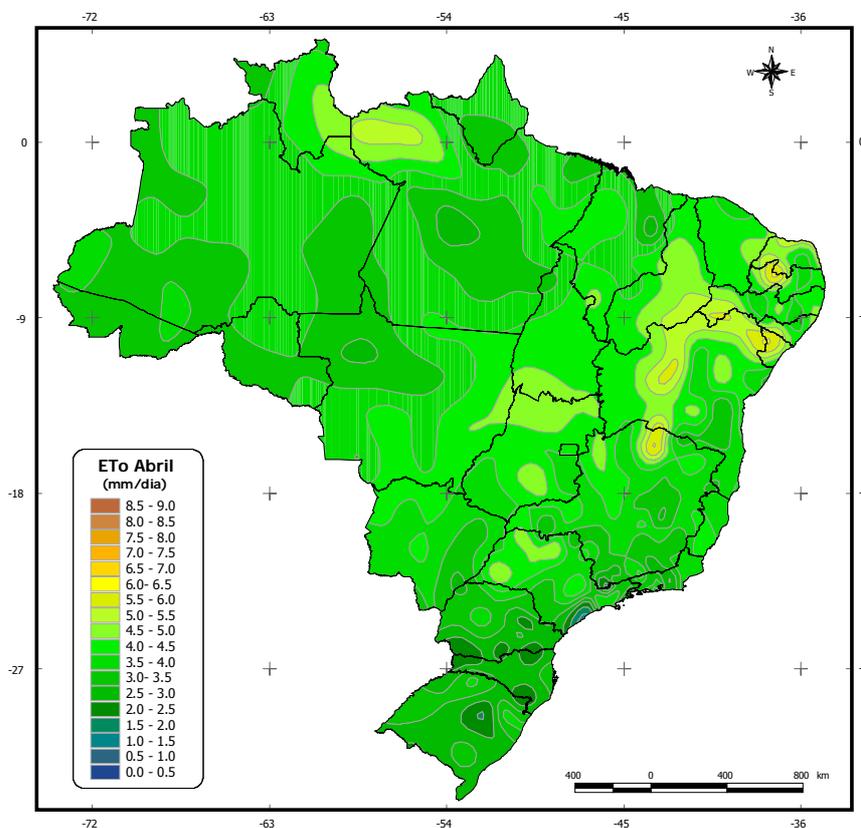
Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ET₀), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Janeiro



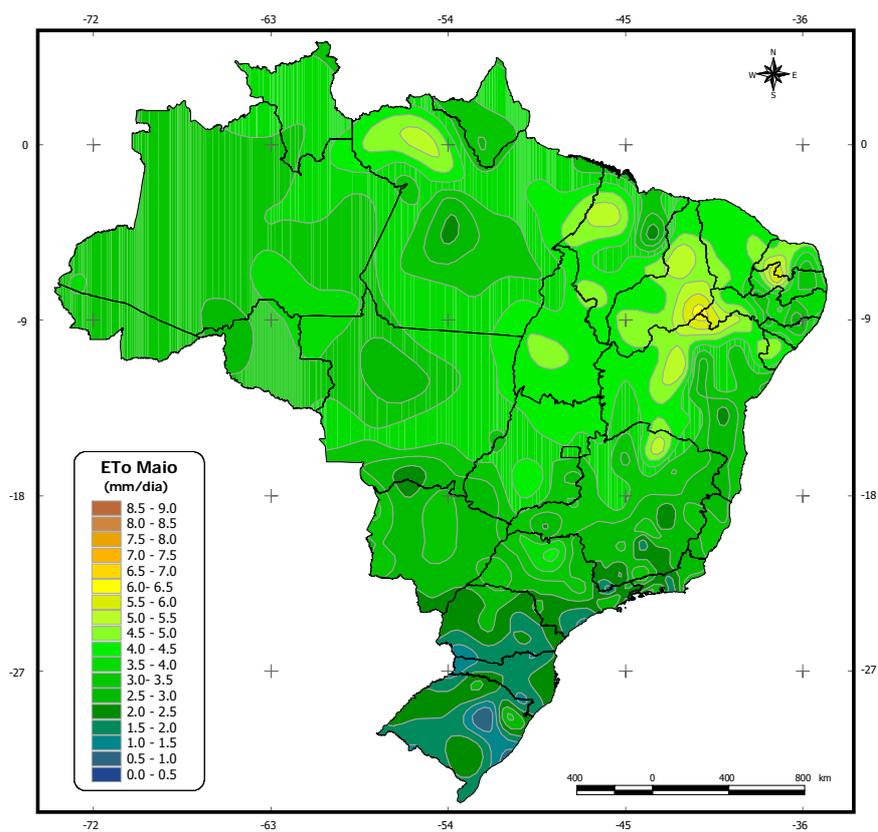
Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ET₀), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Fevereiro.



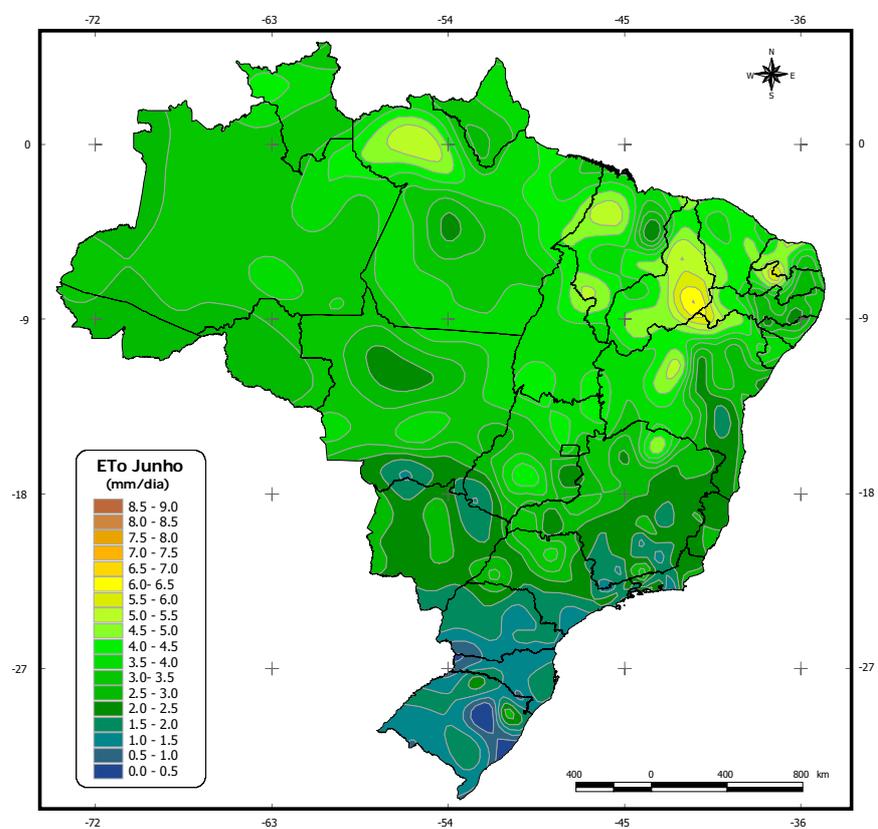
Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Março.



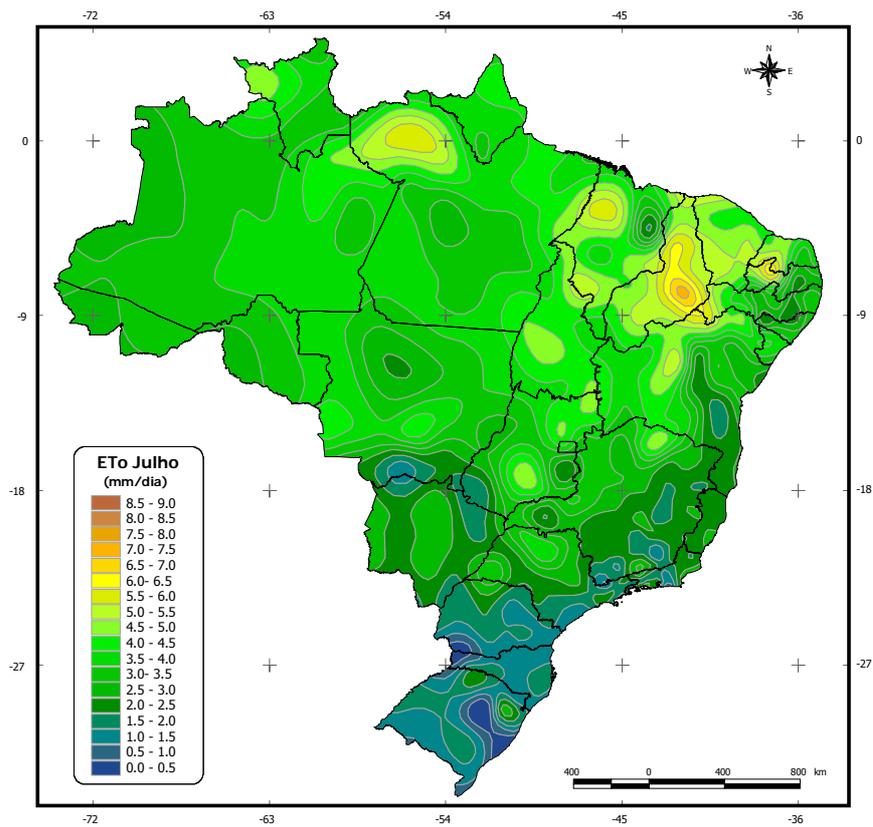
Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Abril.



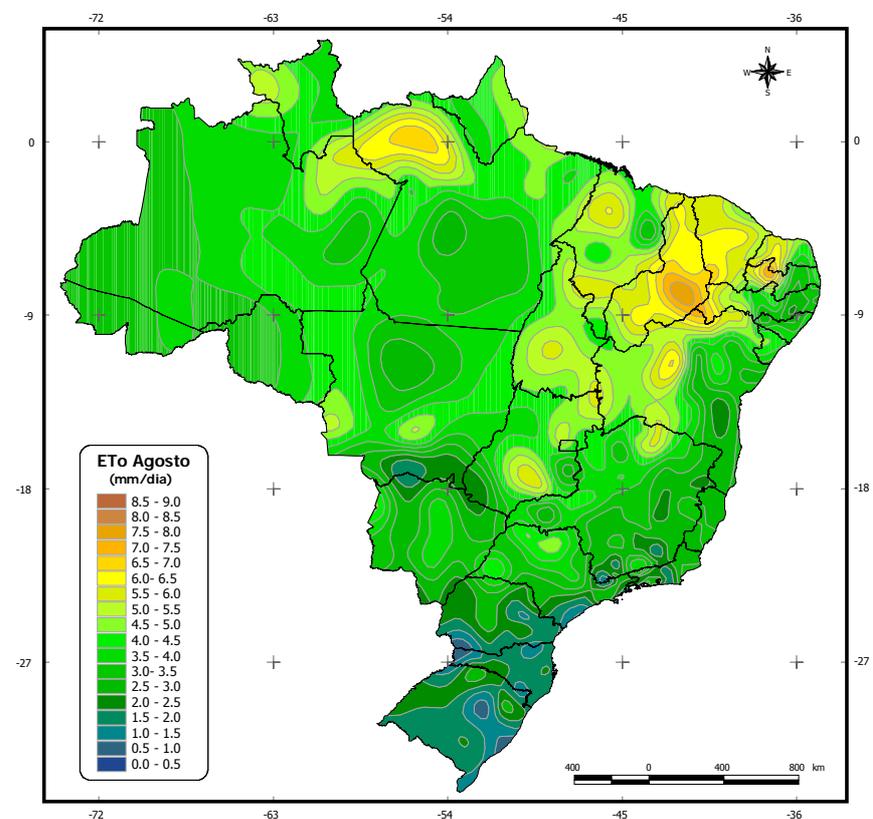
Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Maio.



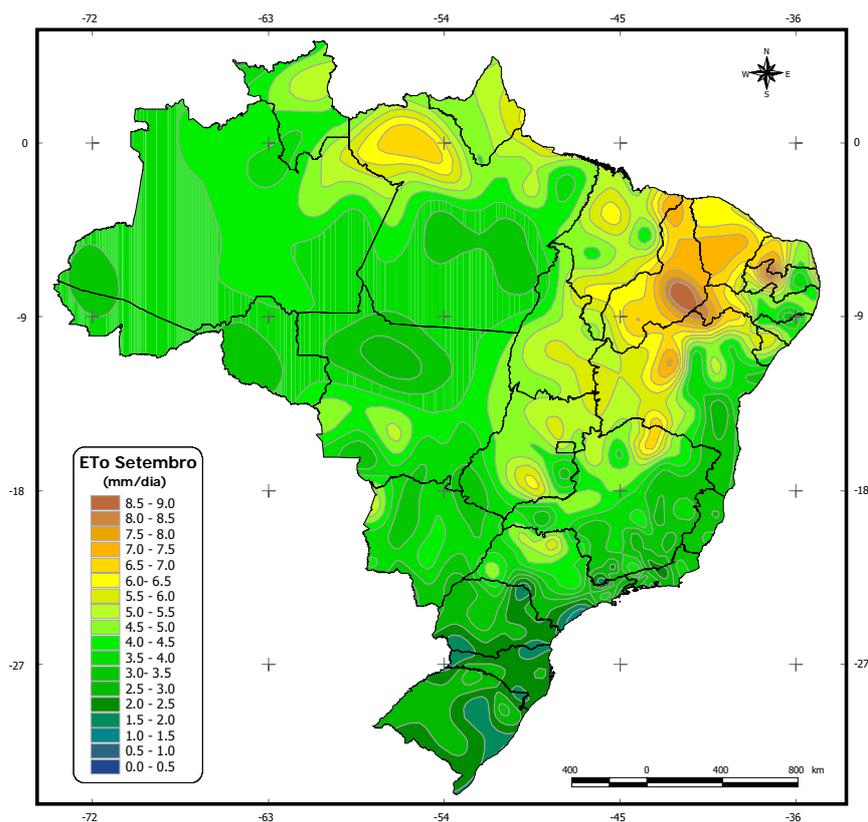
Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Junho.



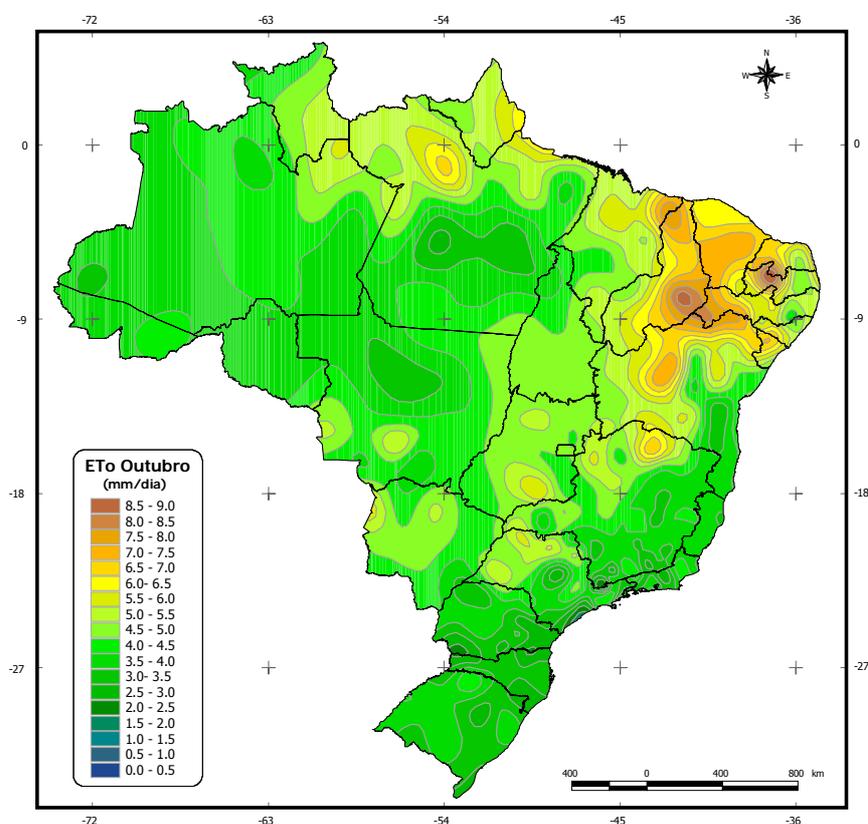
Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Julho.



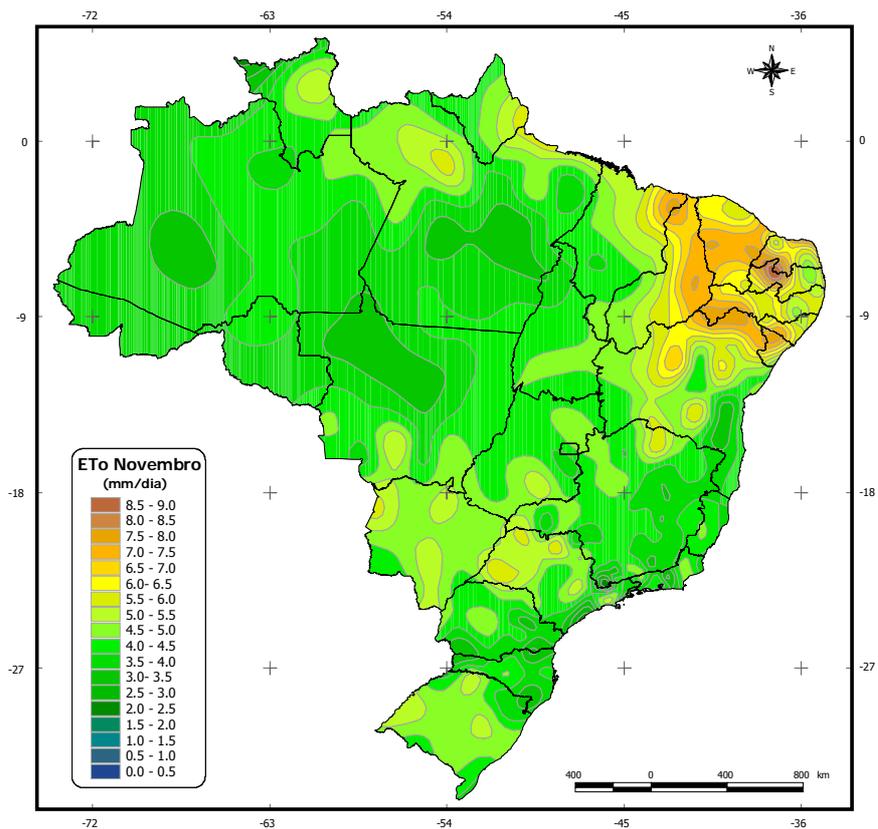
Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Agosto.



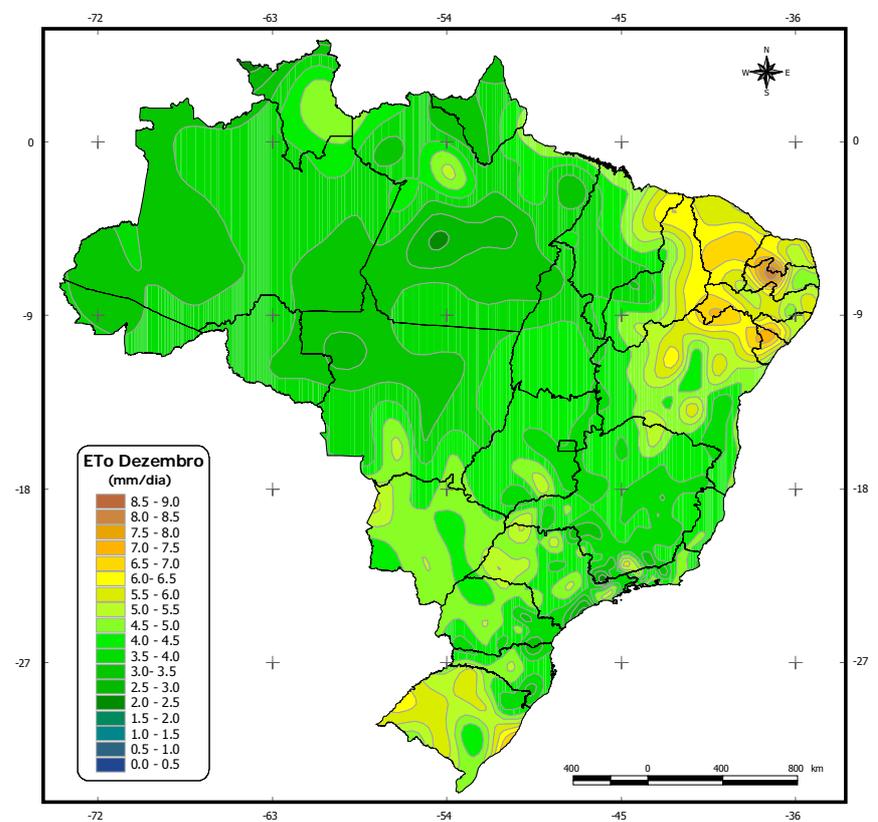
Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Setembro.



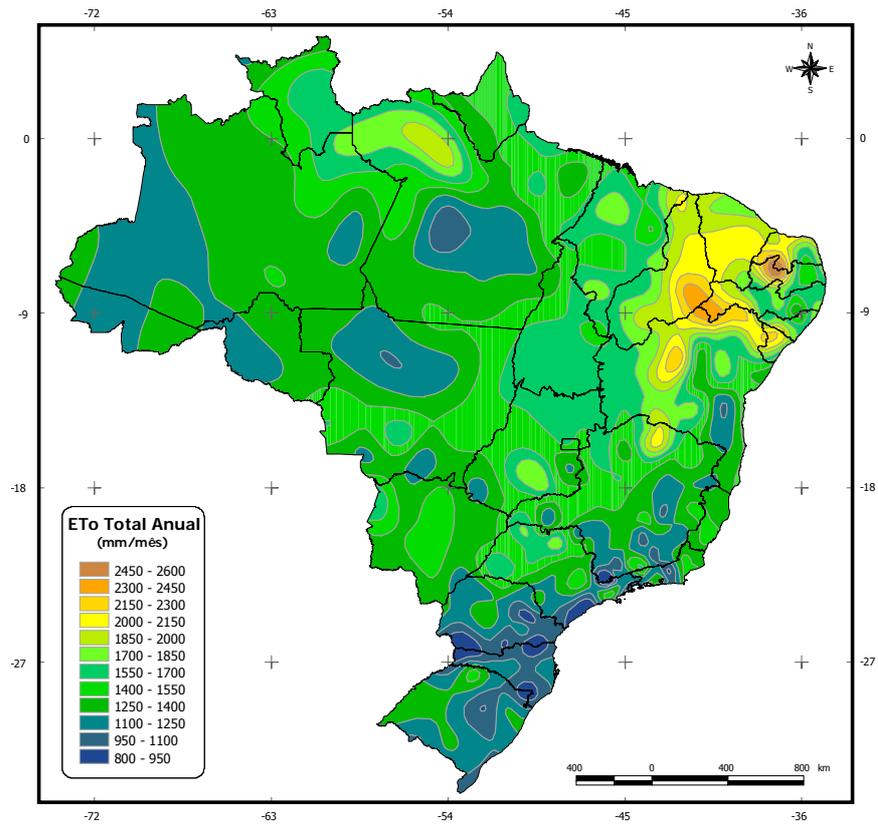
Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Outubro.



Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Novembro.



Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional, no mês de Dezembro.



Resultado da espacialização da Evapotranspiração de Referência Total Anual (ETo), pelo método de Penman-Monteith-FAO, para todo o território nacional.

ANEXO 2 – Taxas Tendencias e de Cenários para cada Bacia Estudada

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Antas, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
Cenário B	3,15	3,15	3,20	3,25	3,29	3,34	3,39
Cenário C	3,15	3,15	3,21	3,28	3,34	3,41	3,48
RURAL							
Cenário A	-1,31	-1,31	-1,31	-1,31	-1,31	-1,31	-1,31
Cenário B	-1,31	-1,31	-1,30	-1,28	-1,27	-1,26	-1,25
Cenário C	-1,31	-1,31	-1,28	-1,26	-1,23	-1,21	-1,19
ANIMAL							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Cenário B	0,90	0,90	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94
Cenário C	0,90	0,90	0,90	0,92	0,93	0,95	0,97
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04
Cenário B	5,04	5,04	5,04	5,17	5,30	5,43	5,56
Cenário C	5,04	5,04	5,22	5,40	5,59	5,78	5,99

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Araguari, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	1,00	1,50	2,00	2,00
RURAL							
Cenário A	-9,01	-9,01	-9,01	-9,01	-9,01	-9,01	-9,01
Cenário B	-9,01	-9,01	-9,01	-9,00	-8,96	-8,91	-8,87
Cenário C	-9,01	-9,01	-9,01	-8,92	-8,83	-8,75	-8,66
ANIMAL							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,50
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IRRIGAÇÃO*							
Cenário A	1	1	1	1	1	1	1
Cenário B	1	1	20	30	40	50	60
Cenário C	1	1	60	150	250	325	400

* Valores da área irrigada, em ha.

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Aripuanã, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03
RURAL							
Cenário A	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,50	0,80	1,00	1,50
ANIMAL							
Cenário A	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44
Cenário B	5,44	5,44	5,44	5,60	5,66	5,71	5,77
Cenário C	5,44	5,44	6,00	6,30	6,62	6,80	6,50
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25
Cenário B	7,25	7,25	9,00	12,00	15,00	18,00	18,00
Cenário C	7,25	7,25	10,00	14,00	18,00	20,00	20,00

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Capivari, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	6,48	6,48	6,48	6,48	6,48	6,48	6,48
Cenário B	6,48	6,48	6,60	6,80	7,00	7,00	7,00
Cenário C	6,48	6,48	6,60	7,00	7,00	7,00	7,00
RURAL							
Cenário A	-2,85	-2,85	-2,85	-2,85	-2,85	-2,85	-2,85
Cenário B	-2,85	-2,85	-2,85	-2,82	-2,79	-2,77	-2,74
Cenário C	-2,85	-2,85	-2,85	-2,79	-2,74	-2,69	-2,63
ANIMAL							
Cenário A	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Cenário B	0,15	0,15	0,15	0,08	1,00	1,00	1,00
Cenário C	0,15	0,15	0,15	1,00	1,00	1,05	1,05
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Cenário B	0,92	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96
Cenário C	0,92	0,92	0,93	0,95	0,97	0,99	1,00
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17
Cenário B	6,17	6,17	6,17	6,32	6,48	6,64	6,81
Cenário C	6,17	6,17	6,39	6,61	6,84	7,08	7,33

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Comemoração, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	5,67	5,67	5,67	5,67	5,67	5,67	5,67
Cenário B	5,67	5,67	5,73	5,78	5,84	5,90	5,96
Cenário C	5,67	5,67	5,74	5,82	5,89	6,00	6,00
RURAL							
Cenário A	-2,78	-2,78	-2,78	-2,78	-2,78	-2,78	-2,78
Cenário B	-2,78	-2,78	-2,75	-2,73	-2,70	-2,67	-2,65
Cenário C	-2,78	-2,78	-2,73	-2,67	-2,62	-2,57	-2,52
ANIMAL							
Cenário A	6,58	6,58	6,58	6,58	6,58	6,58	6,58
Cenário B	6,58	6,58	6,65	6,71	6,78	7,00	7,00
Cenário C	6,58	6,58	6,69	6,79	7,00	7,00	7,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Cenário B	0,92	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96
Cenário C	0,92	0,92	0,92	0,93	0,95	0,96	0,98
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	5,93	5,93	5,93	5,93	5,93	5,93	5,93
Cenário B	5,93	5,93	7,00	9,00	12,00	15,00	15,00
Cenário C	5,93	5,93	7,00	10,00	14,00	18,00	18,00

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Correntes, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
Cenário B	1,17	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,23
Cenário C	1,17	1,17	1,18	1,20	1,22	1,25	1,27
RURAL							
Cenário A	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Cenário B	3,00	3,00	3,10	3,50	3,54	3,57	3,61
Cenário C	3,00	3,00	3,10	3,80	4,10	4,50	4,50
ANIMAL							
Cenário A	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
Cenário B	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,58	1,58
Cenário C	1,57	1,57	1,60	1,63	1,67	1,70	1,73
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Cenário B	0,40	0,40	0,40	0,45	1,00	2,50	5,00
Cenário C	0,40	0,40	0,40	1,00	3,00	7,00	10,00

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Cubatão, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RURAL							
Cenário A	-2,72	-2,72	-2,72	-2,72	-2,72	-2,72	-2,72
Cenário B	-2,72	-2,72	-2,69	-2,67	-2,64	-2,61	-2,59
Cenário C	-2,72	-2,72	-2,67	-2,61	-2,56	-2,51	-2,46
ANIMAL							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Cenário B	0,83	0,83	0,83	0,85	0,86	0,88	0,90
Cenário C	0,83	0,83	0,85	0,88	0,91	0,93	0,96

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Curuá-Una, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RURAL							
Cenário A	-2,21	-2,21	-2,21	-2,21	-2,21	-2,21	-2,21
Cenário B	-2,21	-2,21	-2,19	-2,17	-2,15	-2,12	-2,10
Cenário C	-2,21	-2,21	-2,17	-2,12	-2,08	-2,04	-2,00
ANIMAL							
Cenário A	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Cenário B	1,05	1,05	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09
Cenário C	1,05	1,05	1,07	1,09	1,11	1,14	1,16
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
Cenário B	1,43	1,43	3,00	5,00	8,00	12,00	15,00
Cenário C	1,43	1,43	5,00	8,00	12,00	15,00	18,00

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Doce, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
Cenário B	1,17	1,17	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21
Cenário C	1,17	1,17	1,17	1,18	1,20	1,21	1,23
RURAL							
Cenário A	-1,42	-1,42	-1,42	-1,42	-1,42	-1,42	-1,42
Cenário B	-1,42	-1,42	-1,42	-1,41	-1,39	-1,38	-1,36
Cenário C	-1,42	-1,42	-1,42	-1,40	-1,38	-1,35	-1,33
ANIMAL							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
Cenário B	1,16	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
Cenário C	1,16	1,16	1,16	1,17	1,19	1,20	1,22
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Cenário B	0,54	0,54	0,54	0,55	0,56	0,56	0,57
Cenário C	0,54	0,54	0,55	0,57	0,58	0,59	0,61

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Guaíba, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
Cenário B	2,26	2,26	2,26	2,27	2,29	2,30	2,31
Cenário C	2,26	2,26	2,29	2,32	2,35	2,38	2,41
RURAL							
Cenário A	-0,48	-0,48	-0,48	-0,48	-0,48	-0,48	-0,48
Cenário B	-0,48	-0,48	-0,48	-0,48	-0,48	-0,47	-0,47
Cenário C	-0,48	-0,48	-0,48	-0,48	-0,47	-0,47	-0,46
ANIMAL							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Cenário B	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05
Cenário C	1,02	1,02	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Cenário B	1,02	1,02	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10
Cenário C	1,02	1,02	1,05	1,07	1,10	1,13	1,15

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Guaporé, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RURAL							
Cenário A	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
Cenário B	1,61	1,61	1,62	1,64	1,65	1,66	1,68
Cenário C	1,61	1,61	1,63	1,66	1,68	1,71	1,73
ANIMAL							
Cenário A	3,58	3,58	3,58	3,58	3,58	3,58	3,58
Cenário B	3,58	3,58	3,62	3,65	3,69	3,73	3,76
Cenário C	3,58	3,58	3,64	3,70	3,75	3,81	3,88
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15
Cenário B	6,15	6,15	7,00	8,00	10,00	12,00	14,00
Cenário C	6,15	6,15	8,00	12,00	15,00	18,00	18,00

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Ijuí, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
Cenário B	2,28	2,28	2,28	2,30	2,32	2,34	2,35
Cenário C	2,28	2,28	2,28	2,31	2,33	2,36	2,38
RURAL							
Cenário A	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99
Cenário B	-0,99	-0,99	-0,99	-0,99	-0,98	-0,98	-0,97
Cenário C	-0,99	-0,99	-0,99	-0,98	-0,97	-0,97	-0,96
ANIMAL							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
Cenário B	1,01	1,01	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04
Cenário C	1,01	1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,06
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67
Cenário B	4,67	4,67	4,67	4,79	4,91	5,03	5,15
Cenário C	4,67	4,67	4,83	5,00	5,18	5,36	5,55

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Itabapoana, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85
Cenário B	3,85	3,85	3,88	3,90	3,93	3,96	3,99
Cenário C	3,85	3,85	3,90	3,95	4,00	4,05	4,11
RURAL							
Cenário A	-0,74	-0,74	-0,74	-0,74	-0,74	-0,74	-0,74
Cenário B	-0,74	-0,74	-0,73	-0,73	-0,72	-0,72	-0,71
Cenário C	-0,74	-0,74	-0,73	-0,72	-0,71	-0,71	-0,70
ANIMAL							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Cenário B	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95
Cenário C	0,92	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
Cenário B	1,32	1,32	1,32	2,00	3,00	5,00	5,00
Cenário C	1,32	1,32	2,00	4,00	7,00	10,00	10,00

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Itajaí, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
Cenário B	3,33	3,33	3,36	3,40	3,43	3,47	3,50
Cenário C	3,33	3,33	3,39	3,45	3,51	3,60	3,60
RURAL							
Cenário A	-1,33	-1,33	-1,33	-1,33	-1,33	-1,33	-1,33
Cenário B	-1,33	-1,33	-1,32	-1,31	-1,31	-1,30	-1,29
Cenário C	-1,33	-1,33	-1,32	-1,30	-1,29	-1,28	-1,27
ANIMAL							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Cenário B	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95
Cenário C	0,92	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35
Cenário B	3,35	3,35	3,35	3,45	3,55	3,66	3,77
Cenário C	3,35	3,35	3,48	3,62	3,77	3,92	4,08

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Itiquira, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
Cenário B	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12
Cenário C	1,09	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,15
RURAL							
Cenário A	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Cenário B	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99
Cenário C	0,96	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01
ANIMAL							
Cenário A	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90
Cenário B	4,90	4,90	4,90	4,95	5,00	5,05	5,10
Cenário C	4,90	4,90	4,90	4,97	5,05	5,10	5,10
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Cenário B	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94
Cenário C	0,92	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,95
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59
Cenário B	4,59	4,59	4,59	5,50	5,80	6,10	6,50
Cenário C	4,59	4,59	5,50	6,00	7,00	8,00	10,00

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Jacuí, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93
Cenário B	2,93	2,93	2,93	2,96	2,99	3,02	3,05
Cenário C	2,93	2,93	2,93	2,97	3,01	3,05	3,09
RURAL							
Cenário A	-1,87	-1,87	-1,87	-1,87	-1,87	-1,87	-1,87
Cenário B	-1,87	-1,87	-1,87	-1,86	-1,85	-1,84	-1,83
Cenário C	-1,87	-1,87	-1,87	-1,86	-1,84	-1,83	-1,81
ANIMAL							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Cenário B	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94
Cenário C	0,92	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88
Cenário B	4,88	4,88	4,88	5,00	5,13	5,26	5,39
Cenário C	4,88	4,88	5,05	5,23	5,41	5,60	5,80

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Jamari, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66
Cenário B	2,66	2,66	2,69	2,71	2,74	2,77	2,80
Cenário C	2,66	2,66	2,70	2,74	2,78	2,80	2,80
RURAL							
Cenário A	6,16	6,16	6,16	6,16	6,16	6,16	6,16
Cenário B	6,16	6,16	6,22	6,28	6,35	6,41	6,47
Cenário C	6,16	6,16	6,25	6,33	6,42	6,50	6,50
ANIMAL							
Cenário A	5,74	5,74	5,74	5,74	5,74	5,74	5,74
Cenário B	5,74	5,74	5,80	5,86	5,91	5,97	6,00
Cenário C	5,74	5,74	5,81	5,89	5,97	6,00	6,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Cenário B	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95
Cenário C	0,92	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98
Cenário B	4,98	4,98	5,00	7,00	10,00	12,00	12,00
Cenário C	4,98	4,98	6,50	8,00	12,00	15,00	15,00

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Jari, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RURAL							
Cenário A	-6,41	-6,41	-6,41	-6,41	-6,41	-6,41	-6,41
Cenário B	-6,41	-6,41	-6,41	-6,38	-6,35	-6,31	-6,28
Cenário C	-6,41	-6,41	-6,41	-6,35	-6,28	-6,22	-6,16
ANIMAL							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IRRIGAÇÃO*							
Cenário A	1	1	1	1	1	1	1
Cenário B	1	1	1	1	1	1	1
Cenário C	1	1	100	500	1200	2000	3000

* Valores da área irrigada, em ha.

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Jauru, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RURAL							
Cenário A	-0,79	-0,79	-0,79	-0,79	-0,79	-0,79	-0,79
Cenário B	-0,79	-0,79	-0,79	-0,79	-0,78	-0,78	-0,77
Cenário C	-0,79	-0,79	-0,79	-0,78	-0,78	-0,77	-0,77
ANIMAL							
Cenário A	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07
Cenário B	3,07	3,07	3,07	3,10	3,13	3,16	3,19
Cenário C	3,07	3,07	3,07	3,12	3,16	3,21	3,26
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IRRIGAÇÃO*							
Cenário A	50	50	50	50	50	50	50
Cenário B	50	50	50	100	150	200	250
Cenário C	50	50	100	150	200	250	300

* Valores da área irrigada, em ha.

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Jequitinhonha, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25
Cenário B	3,25	3,25	3,25	3,28	3,30	3,33	3,36
Cenário C	3,25	3,25	3,25	3,29	3,32	3,36	3,40
RURAL							
Cenário A	-0,89	-0,89	-0,89	-0,89	-0,89	-0,89	-0,89
Cenário B	-0,89	-0,89	-0,89	-0,88	-0,88	-0,87	-0,87
Cenário C	-0,89	-0,89	-0,89	-0,88	-0,87	-0,86	-0,86
ANIMAL							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Cenário B	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93
Cenário C	0,92	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,95
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45
Cenário B	3,45	3,45	3,45	3,50	4,00	6,00	8,00
Cenário C	3,45	3,45	4,00	8,00	12,00	15,00	15,00

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Manso, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	7,39	7,39	7,39	7,39	7,39	7,39	7,39
Cenário B	7,39	7,39	7,39	7,50	7,50	7,50	7,50
Cenário C	7,39	7,39	7,39	7,50	7,50	7,50	7,50
RURAL							
Cenário A	-3,80	-3,80	-3,80	-3,80	-3,80	-3,80	-3,80
Cenário B	-3,80	-3,80	-3,80	-3,74	-3,69	-3,63	-3,58
Cenário C	-3,80	-3,80	-3,80	-3,72	-3,64	-3,56	-3,48
ANIMAL							
Cenário A	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48
Cenário B	3,48	3,48	3,48	3,51	3,55	3,59	3,62
Cenário C	3,48	3,48	3,48	3,53	3,59	3,64	3,69
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Cenário B	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95
Cenário C	0,92	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72
Cenário B	4,72	4,72	4,72	5,00	5,50	6,00	7,00
Cenário C	4,72	4,72	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Mucuri, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
Cenário B	1,17	1,17	1,17	1,18	1,19	1,19	1,20
Cenário C	1,17	1,17	1,17	1,18	1,19	1,21	1,22
RURAL							
Cenário A	-1,42	-1,42	-1,42	-1,42	-1,42	-1,42	-1,42
Cenário B	-1,42	-1,42	-1,42	-1,41	-1,41	-1,40	-1,39
Cenário C	-1,42	-1,42	-1,42	-1,41	-1,39	-1,38	-1,36
ANIMAL							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
Cenário B	1,16	1,16	1,16	1,17	1,18	1,20	1,21
Cenário C	1,16	1,16	1,16	1,18	1,20	1,21	1,23
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98
Cenário B	3,98	3,98	3,98	5,00	6,00	8,00	10,00
Cenário C	3,98	3,98	5,00	8,00	12,00	15,00	15,00

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Paraguaçu, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12
Cenário B	5,12	5,12	5,17	5,22	5,28	5,33	5,38
Cenário C	5,12	5,12	5,22	5,33	5,43	5,50	5,50
RURAL							
Cenário A	-2,03	-2,03	-2,03	-2,03	-2,03	-2,03	-2,03
Cenário B	-2,03	-2,03	-2,03	-2,01	-1,99	-1,97	-1,95
Cenário C	-2,03	-2,03	-2,03	-1,99	-1,95	-1,91	-1,88
ANIMAL							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
Cenário B	1,47	1,47	1,48	1,49	1,51	1,52	1,53
Cenário C	1,47	1,47	1,49	1,51	1,53	1,55	1,57
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17
Cenário B	5,17	5,17	5,17	5,17	5,30	5,50	6,00
Cenário C	5,17	5,17	5,50	6,00	7,00	10,00	10,00

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Paraíba do Sul, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54
Cenário B	2,54	2,54	2,54	2,56	2,58	2,60	2,62
Cenário C	2,54	2,54	2,54	2,57	2,60	2,63	2,66
RURAL							
Cenário A	-1,18	-1,18	-1,18	-1,18	-1,18	-1,18	-1,18
Cenário B	-1,18	-1,18	-1,18	-1,17	-1,16	-1,16	-1,15
Cenário C	-1,18	-1,18	-1,18	-1,17	-1,15	-1,14	-1,13
ANIMAL							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Cenário B	1,45	1,45	1,45	1,46	1,48	1,49	1,51
Cenário C	1,45	1,45	1,45	1,47	1,50	1,52	1,55
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Cenário B	0,98	0,98	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06
Cenário C	0,98	0,98	0,98	1,00	1,03	1,06	1,08

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Parnaíba, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	7,05	7,05	7,05	7,05	7,05	7,05	7,05
Cenário B	7,05	7,05	7,09	7,12	7,16	7,19	7,23
Cenário C	7,05	7,05	7,11	7,16	7,22	7,28	7,34
RURAL							
Cenário A	-1,09	-1,09	-1,09	-1,09	-1,09	-1,09	-1,09
Cenário B	-1,09	-1,09	-1,08	-1,07	-1,06	-1,05	-1,04
Cenário C	-1,09	-1,09	-1,07	-1,05	-1,03	-1,01	-0,99
ANIMAL							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Cenário B	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95	0,96
Cenário C	0,92	0,92	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17
Cenário B	5,17	5,17	5,17	5,17	5,30	5,43	5,57
Cenário C	5,17	5,17	5,35	5,54	5,73	5,93	6,14

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Ribeirão das Lages, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RURAL							
Cenário A	-1,25	-1,25	-1,25	-1,25	-1,25	-1,25	-1,25
Cenário B	-1,25	-1,25	-1,24	-1,23	-1,21	-1,20	-1,19
Cenário C	-1,25	-1,25	-1,23	-1,21	-1,19	-1,17	-1,15
ANIMAL							
Cenário A	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09
Cenário B	4,09	4,09	4,13	4,17	4,21	4,26	4,30
Cenário C	4,09	4,09	4,17	4,26	4,34	4,43	4,50
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IRRIGAÇÃO*							
Cenário A	50	50	50	50	50	50	50
Cenário B	50	50	50	75	100	100	100
Cenário C	50	50	75	125	200	250	300

* Valores da área irrigada, em ha.

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Tapajós, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	6,65	6,65	6,65	6,65	6,65	6,65	6,65
Cenário B	6,65	6,65	6,65	6,72	6,78	6,85	6,92
Cenário C	6,65	6,65	6,68	6,75	6,84	6,93	7,02
RURAL							
Cenário A	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Cenário B	1,03	1,03	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06
Cenário C	1,03	1,03	1,04	1,05	1,07	1,08	1,09
ANIMAL							
Cenário A	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48
Cenário B	4,48	4,48	4,48	4,52	4,55	4,59	4,63
Cenário C	4,48	4,48	4,48	4,55	4,62	4,68	4,75
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Cenário B	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94
Cenário C	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cenário B	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22	0,22
Cenário C	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22	0,23	0,23

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Uatumã, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RURAL							
Cenário A	5,97	5,97	5,97	5,97	5,97	5,97	5,97
Cenário B	5,97	5,97	6,00	6,06	6,12	6,18	6,24
Cenário C	5,97	5,97	6,09	6,21	6,34	6,46	6,50
ANIMAL							
Cenário A	5,87	5,87	5,87	5,87	5,87	5,87	5,87
Cenário B	5,87	5,87	5,96	6,05	6,14	6,25	6,25
Cenário C	5,87	5,87	5,99	6,11	6,25	6,25	6,25
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenário C	0,00	0,00	0,00	10,00	15,00	20,00	20,00

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Uruguai, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34
Cenário B	3,34	3,34	3,37	3,41	3,44	3,48	3,51
Cenário C	3,34	3,34	3,39	3,45	3,50	3,56	3,62
RURAL							
Cenário A	-1,77	-1,77	-1,77	-1,77	-1,77	-1,77	-1,77
Cenário B	-1,77	-1,77	-1,77	-1,75	-1,74	-1,72	-1,70
Cenário C	-1,77	-1,77	-1,77	-1,74	-1,70	-1,67	-1,64
ANIMAL							
Cenário A	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Cenário B	0,36	0,36	0,37	0,37	0,38	0,38	0,39
Cenário C	0,36	0,36	0,37	0,38	0,38	0,39	0,40
INDÚSTRIA							
Cenário A	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
Cenário B	1,24	1,24	1,24	1,25	1,27	1,29	1,30
Cenário C	1,24	1,24	1,24	1,26	1,29	1,32	1,34
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	4,82	4,82	4,82	4,82	4,82	4,82	4,82
Cenário B	4,82	4,82	4,82	4,92	5,01	5,12	5,22
Cenário C	4,82	4,82	4,96	5,11	5,27	5,42	5,59

Taxas anuais de incremento das vazões e da área irrigada na bacia do Rio Xingu, nos cenários A, B e C (%).

Uso/Cenário	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
URBANO							
Cenário A	5,56	5,56	5,56	5,56	5,56	5,56	5,56
Cenário B	5,56	5,56	5,64	5,73	5,81	5,90	5,99
Cenário C	5,56	5,56	5,68	5,80	5,92	6,00	6,00
RURAL							
Cenário A	5,56	5,56	5,56	5,56	5,56	5,56	5,56
Cenário B	5,56	5,56	5,64	5,73	5,81	5,90	5,99
Cenário C	5,56	5,56	5,68	5,80	5,92	6,00	6,00
ANIMAL							
Cenário A	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39
Cenário B	1,39	1,39	1,41	1,43	1,45	1,48	1,50
Cenário C	1,39	1,39	1,42	1,46	1,50	1,53	1,57
INDÚSTRIA							
Cenário A	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Cenário B	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97
Cenário C	0,92	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,02
IRRIGAÇÃO							
Cenário A	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cenário B	2,50	2,50	3,50	5,00	7,00	10,00	12,00
Cenário C	2,50	2,50	5,00	8,00	12,00	15,00	15,00

6. BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Superintendência de Fiscalização. *Levantamento de usuários de recursos hídricos – Alto Rio São Francisco*. Brasília, 2003.

ANA/GEF/PNUMA/OEA. PROJETO GEF SÃO FRANCISCO, 2002. Disponível em <http://www.ana.gov.br/gefsf/>. Acesso em 23/mar/2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. *Memorial descritivo do cálculo da demanda humana de água no documento "Base de Referência do Plano Nacional de Recursos Hídricos"*. Brasília, 2002a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Superintendência de Outorgas. *Regularização dos usos da água na bacia do Paraíba do Sul: manual de procedimento para outorga de uso da água na indústria e mineração*. Brasília, 2002b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em 20/mai/2005.

ALEM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M.T. *Coleta e transporte de esgoto sanitário*. 2.ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000. 548p.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop Evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALLEN, R. G.; JENSEN, M. E.; WRIGHT, J. L.; BURMAN, R.D. *Operational estimates of reference evapotranspiration*. Madison: Agronomy Journal, 1989. v. 81. p. 650-662.

AMARAL, L. G. H. do; RODRIGUEZ, R. del G.; PRUSKI, F. F.; RAMOS, M. M. Vazão retirada e consumo efetivo de água em diferentes sistemas de irrigação do arroz. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 13, n. 3, p. 178-192, jul./set. 2005. Disponível em: <http://www.ufv.br/dea/reveng/arquivos/Vol13/v13n3p178-192.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2005.

AMORIM, M.; SEDIYAMA, G.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. *Avaliação da eficácia do lisímetro de lençol freático constante, do tanque classe A e do método de Penman-Monteith para estimativa da evapotranspiração de referência*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12. REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001. Fortaleza, CE. Anais..., Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2001. p. 399-400. 938p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira 9649 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

BARROS, R. T. de V.; CHERNICHARO, C. A. de L.; HELLER, L.; VON SPERLING, M. *Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios*. v.2. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p.

BARTH, F. T.; POMPEU, C. T.; FILL, H. D.; TUCCI, C. E. M.; KELMAN, J.; BRAGA JÚNIOR, B. P. F. *Modelos para gerenciamento de recursos hídricos*. São Paulo: Nobel/ABRH, 1987. 526p.

BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 5.ed. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 1989. 596p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul*. Recife, 1973. 431 p. (Boletim técnico, 30).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola. *Aptidão agrícola das terras: estudos básicos para o planejamento agrícola, v.1*. Rio Grande do Sul. Brasília: Ministério da Agricultura, 1978a.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola. *Aptidão agrícola das terras: estudos básicos para o planejamento agrícola, v.2*. Santa Catarina. Brasília: Ministério da Agricultura, 1978b.

BLANEY, H. F.; CRIDDLE, W. D. *Determining water requirement in irrigated areas from climatological and irrigation data*. Washington: Soil Conservation Service, 1950. 49p.

CAMARGO, A. P. de; SENTELHAS, P. C. *Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil*. v. 5. n. 1. Santa Maria: Revista Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p. 89-97.

CAMPOS (coord.). Projeto PROSAB: Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

CASTRO NETO, P.; SOARES, A. M. *Avaliação sazonal de métodos para a estimativa da evapotranspiração potencial diária em Lavras, Estado de Minas Gerais*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6., 1989, Maceió, AL. Anais..., Maceió: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p.265-274. 491p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. Disponível em <http://www.copasa.com.br>. Acesso em 23/mar/2003.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO DISTRITO FEDERAL – CAESB. Disponível em www.caesb.df.gov.br. Acesso em 18/mai/2005.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. Disponível em <http://www.sabesp.com.br>. Acesso em 23/mai/2005.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR. Disponível em www.sanepar.pr.gov.br. Acesso em 16/mai/2005.

COSTA, A. D. M. *Quantificação de atributos físicos de solos de várzea, relacionados com a disponibilidade de água, o espaço aéreo e a consistência do solo*. Pelotas, 1993. 134 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), UFPEL-FAEM.

D'ANGIOLELLA, G.L.B. *Avaliação de métodos para estimativa da evapotranspiração de referência e cálculo de balanço hídrico na mesorregião sul da Bahia*. 2003. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), FAV, UnB, Brasília.

DECKER, L.W. *Developments in agricultural meteorology as a guide to its potential for the twenty-first century*. Agricultural and Forest Meteorology, 1994. v. 69. p. 9-25.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em <http://www.dae.sp.gov.br>. Acesso em 16/mai/2005.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. *Las necesidades de agua de los cultivos*. Roma: FAO, 1992. 194p. (Riego y Drenaje, Bol. 24).

EMPRESA BAIANA DE ÁGUA E SANEAMENTO – EMBASA. Disponível em www.embasa.ba.gov.br. Acesso em 16/mai/2005.

FERREIRA, A. L. A. *Comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) em Cruz das Almas, BA*. Cruz das Almas: UFBA, 1998. 74p. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, 1998.

FERREIRA, R. S. A.; VASCONCELLOS, V. L. D.; SILVA, C. L. *Determinação da evapotranspiração máxima e do coeficiente de cultura para o feijoeiro (Phaseolus vulgaris), na região do Distrito Federal*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001, Fortaleza – CE. Anais..., Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia / Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2001. p. 437-438. 938p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. <http://www.fao.org/landandwater/aglw/climwat.stm>. Acesso em 6/mar/2005

EMBRAPA. *Cultivo do arroz irrigado no Brasil*. Embrapa Clima Temperado, 2003. Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/sistemas/arroz/>> Acesso em: 09 maio 2005.

EPAGRI. *Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina*. (Pré-germinado). Florianópolis, 1998. 79 p. (Epagri. Sistemas de Produção, 32).

GOMES, A. do S.; PAULETTO, E. A. (Ed.) *Manejo do solo e da água em áreas de várzea. Pelotas*. Embrapa Clima Temperado, 1999. 201 p.

GOMES, A. do S.; PAULETTO, E. A.; FRANZ, A. F. H. Uso e manejo da água em arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. (Ed.) *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004a. p. 417-455.

GOMES, A. do S.; PAULETTO, E. A.; VERNETTI JÚNIOR, F. de J.; SOUSA, R. O. de. Plantio direto e cultivo mínimo em arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. (Ed.) *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004b. p.349-386.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo agropecuário 1980. Rio de Janeiro, 1983-1984.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico 1990. Rio de Janeiro, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo industrial 1980. Rio de Janeiro, 1983-1984.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2000. SEDU/PR, 2002. CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação de Cartografia – CCAR; Diretoria de Geociências, 2005.

IRGA - Instituto Riograndense do Arroz. *Cultivares*. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/arquivos/cultivares.pdf>. Acesso em: 09 mai 2005a.

IRGA - Instituto Riograndense do Arroz. *Sistemas de cultivo*. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/arquivos/sistemasdecultivo.pdf>. Acesso em: 09 mai 2005b.

KONIG, O. *Rendimento do milho sob três níveis estáticos de drenagem e irrigação sub-superficial em plano-sol (RS)*. Santa Maria, 1983. 85 f. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Maria.

LORDELLO NETO, A. V. *Evapotranspiração e coeficiente de cultivo (Kc) da cultura do fumo (Nicotiana tabacum L.) na região de Cruz das Almas, BA*. Cruz das Almas: UFBA, 1998. 55p. Dissertação de Mestrado.

LUCHIARI JR.A.; RIHA, S.J. *Bulk surface resistance and its effect on evaporation rates in irrigated Wheat*. Madison: Agronomy Journal, 1991. v. 83. p. 888-895.

MACHADO, R. L.; TURATTI, A. L.; MACHADO, A. L.; ALONÇO, A. S.; REIS, A. *Estudo de parâmetros físicos em solo de várzea, antes e após escarificação*. Revista Brasileira de Agrociência, v.2, n.3, p. 175-178, 1996.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de; TERRES, A. L.; FAGUNDES, P. R.; FRANCO, D. F.; ANDRES, A. Aspectos genéticos, morfológicos e de desenvolvimento de plantas de arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. (Ed.) *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.143-160.

MARCHEZAN, E.; SANTOS, O. S.; ÁVILA, L. A.; SILVA, R. P. *Adubação foliar com micronutrientes em arroz irrigado, em área sistematizada*. Ciência Rural, Santa Maria, v. 31, n. 6, p.941-945, 2001.

MARCHEZAN, E.; CAMARGO, E. R.; LOPES, S. I. G.; SANTOS, F. M.; MICHELON, S. *Desempenho de genótipos de arroz irrigado cultivados no sistema pré-germinado com inundação contínua*. Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, n. 5, p.1349-1354, 2004.

MATOS, A. T. *Tratamento de resíduos agroindustriais*. In: *II ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAS DA ZONA DA MATA MINEIRA*. Viçosa, MG: ABES / MG, Subseção Sudeste; UFV, DEA; ABAS/MG, Centro de Referência Sudeste, 2002. 583p.

MILORADOV, M.; MARJANOVIC, L. *Guidelines for Conducting Water Resources Assessment*. In: *STUDIES AND REPORTS IN HYDROLOGY*. Paris: UNESCO, 1998. 117p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba – CODEVASF. *Assessoria e apoio em serviços técnicos visando a atender às necessidades da CODEVASF referentes aos estudos preliminares dos Sistemas de Abastecimento de Água para Usos Múltiplos na Bacia do Rio São Francisco e no Semi-Árido Nordestino*. ACL – Assessoria e Consultoria Ltda. Brasília, 2001.

MIRANDA, Jarbas Honório (Org.); PIRES, Regina Célia de Matos (Org.). *IRRIGAÇÃO - Volume 2*. 1ª ed. Jaboticabal - SP: FUNEPE, 2003. v. 2. 703 p."

MOISÉS, F. A.; BORGES, A. C. *Avaliação da demanda per capita de água de cidades sem medição de consumo, através da comparação de dados medidos de comunidades análogas*. Pesquisa de iniciação científica: graduação em Engenharia Agrícola. PIP-UFOP/PET-CIVIL, 1998.

MONTEITH, J. L. *Evaporation and environment*. Symp. Soc. Exp. Biology. London, 1965. v. 119. p. 205-234.

PAIVA, J. B. D. de; PAIVA, E. M. C. D. de; GASTALDINI, M. do C. C.; IRION, C. A. O.; DIAS, J. R.; COSTA, L. C. M. da. *Quantificação da demanda de água na bacia do rio Ibicuí – RS*. In: *REVISTA BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS*, 2000. v. 5. n. 3. p. 93-111.

PENMAN, H. L. *Evaporation: in introductory survey*. Nethear lands Journal of Agricultural Science, Wageningen, 4, 1956. p. 9-29.

PENMAN, H. L. *Natural evaporation from open water, bare soil and grass*. Proc. Roy. Soc. A. Londen, 1948. v. 193. p. 120-143.

PEREIRA, F.A. et al. *Estimativa da evapotranspiração de referência para o Estado da Bahia por Thornthwaite, Hargreaves e Blaney – Criddle*. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12. REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001, Fortaleza. Anais...*, Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia / Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2001. p. 465-466. 938p.

PETRINI, J. A.; FRANCO, D. F.; SOUZA, P. R. de; BACHA, R. E.; TRONCHONI, J. G. Sistema de cultivo de arroz pré-germinado e transplante de mudas. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. (Ed.) *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 387-416.

PINTO, L. F. S.; LAUS NETO, J. A.; PAULETTO, E. A. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. (Ed.)

Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 75-95.

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS PARA OS VALES DO JEQUITINHONHA E PARDO. Disponível em <http://www.hidricos.mg.gov.br/PLANVALE/RELAT05/51.htm>. Acesso em 23/mar/2003.

PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/srh/pnrh>. Acesso em 23/mar/2003.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA: DOCUMENTOS TÉCNICOS. Disponível em <http://www.pncda.org.br>. Acesso em 23/mar/2003.

RAGHUWANSI, N. S.; WALLENDER, W. W. *Converting from pan evaporation to evapotranspiration*. Journal of Irrig. and Drain. Engr., ASCE, 1998. v. 124. n. 5. p. 275-277.

REICHARDT, K. *Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera*. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 445p.

SANTA CATARINA. Secretaria da Agricultura. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de Santa Catarina*. Santa Maria: UFSM/SUDESUL, 1973. v. 2.

SEDIYAMA, G. *Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica*. Revista Brasileira de Agrometeorologia. Santa Maria, 1996. v. 4. n. 1. p. 1-12.

SEDIYAMA, G. *Necessidade de água para os cultivos*. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO AGRÍCOLA SUPERIOR. Brasília: Curso de engenharia de Irrigação, módulo 4. 1988. p. 238-249.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. de M.; PEREIRA, I. de C. *Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos*. Brasília: ANEEL/ANA, 2001. 328p.

SILVA, D. D da; PUSKI, F. F. *Gestão de recursos hídricos; aspectos legais, econômicos e sociais*. Brasília, DF: SRH / Viçosa, MG: UFV / Porto Alegre: ABRH, 2000. 659p.

_____. *Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável na agricultura*. Brasília, DF: MMA, SRH, ABEAS / Viçosa, MG: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1997. 252p.

SILVA, G. A.; SIMÕES, R. A. G. *Água na Indústria*. In. *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*. 2.ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. p. 339-369.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico dos Serviços de água e esgoto. 2000.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico dos Serviços de água e esgoto. 2001.

SMITH, M. *Guide lines for prediction of crop water requirements*. Rome: FAO, 1991. 45p.

SOUZA, B. A. de; SOUZA, F. de. *Análise do consumo per capita de água de abastecimento de cidades de Minas Gerais com população de 10.000 a 50.000 habitantes*. Pesquisa de iniciação científica: graduação em Engenharia Civil. PIBIC/PIP/CNPq/UFOP, 1999.

SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Itajaí: SOSBAI, 2003.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P. *Solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002.

TELLES, D. A. Água na Agricultura e Pecuária. In. *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*. 2.ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. p. 305-336.

THORNTHWAITE, C. W.; HARE, F. K. *The loss os water to the air*. Meteorological. Monographs 6: 162-180. Boston: American Meteorological Society, 1965.

THORNTHWAITE, C. W. *An approach toward a rational classification of climate*. Geographical Review, 1948. v. 38. n. 1.

TUBELIS, A. *Conhecimentos práticos sobre clima e irrigação*. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 215p.

TRONCHONI, J. G. Pré-germinação e semeadura. In: ENCONTRO ESTADUAL DO SISTEMA PRÉ-GERMINADO EM ARROZ IRRIGADO, 1., Pelotas, 1995. *Resumos*. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1995. p.41-45.

TURC, L. *The bilian d'eau des sols: relations entre les precipitations, l'évaporations et l'écoulements*. Ann. Agron. Paris, 1955. p. 5-131.

VASCONCELLOS, E. B. *Levantamento dos atributos físicos e hídricos de três solos de várzea do Rio Grande do Sul*. Pelotas, 1995. 120 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), UFPEL-FAEM.

VAREJÃO–SILVA, M. A. *Meteorologia e climatologia*. 1.ed. Brasília: Gráfica e Editora Stilo, 2000. 532p.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto*. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1996. 243p.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. V.1 – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1996.

WEBER, L.; MARCHEZAN, E.; CARLESSO, R.; MARZARI, V. *Cultivares de arroz irrigado e nutrientes na água de drenagem em diferentes sistemas de cultivos*. Ciência Rural, Santa Maria, v. 33, n. 1, p.27-33, 2003.

