

## **Trabalho Final - Disciplina População Espaço e Meio Ambiente**

**Disponibilidade de água, desenvolvimento social e doenças hídricas na Bacia do Rio Paraíba do Sul.**

## RESUMO

Com o crescimento populacional nos últimos cinquenta anos, o aumento do consumo da população, a demanda industrial, a expansão da agricultura com o uso de fertilizantes e agrotóxicos, o uso para irrigação e a falta de saneamento básico levaram a uma deterioração da qualidade dos recursos hídricos como consequências diretas no tratamento de água para abastecimento humano. A este quadro agora se somam os riscos derivados da falta de políticas públicas, fator que colabora para um índice de desenvolvimento humano baixo, colaborando com a qualidade de vida baixa e criando grande preocupação no seu potencial impacto socioeconômico.

Dentre das bacias hidrográficas brasileiras altamente ocupadas e exploradas, com usos múltiplos da água, destaca-se a bacia do Rio Paraíba do Sul pela sua importância no fornecimento de água para abastecimento humano ao longo do eixo Rio-São Paulo, bem como pela sua contribuição nas duas maiores regiões metropolitanas do país.

Com o objetivo de mensurar estas mudanças na qualidade do tratamento de água bruta e investigar alternativas estratégicas ambientalmente e economicamente viáveis, este projeto propõe um estudo por meio de indicadores comparando o crescimento populacional em diversos municípios da bacia do Rio Paraíba do Sul com alguns parâmetros do tratamento de água no período de 2010 até 2018, indicadores de Saúde e desenvolvimento humano.

Assim o conhecimento sobre possíveis cenários sociais-hidrológicos futuros na Bacia do Rio Paraíba do Sul, e as suas incertezas, podem ajudar a estimar o potencial impacto na sua quantidade e qualidade bem como definir políticas ambientais de uso e gerenciamento de água. Serão analisados cenários potenciais visando identificar impactos bem como ações de mitigação que minimizem os danos ao meio ambiente e consequentemente na economia da produção de água tratada.

## **1- INTRODUÇÃO**

Estudos prévios reconhecem de que a poluição da água está diretamente relacionada a atividades humanas de origem urbana, industrial ou agrícola. Nas últimas décadas, a intensificação dos usos da terra, desflorestamento, expansão urbana e impermeabilização da área têm contribuído para a degradação da qualidade da água (PBMC – PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – 2014).

Por outro lado, as projeções (IPCC 2013) de que a quantidade da água potável disponível no Brasil e no mundo deverá sofrer um decréscimo, conjuntamente com uma deterioração da qualidade da água bruta, o que deverá levar a um aumento de situações de risco relacionadas com saúde, e impactos sobre os serviços ambientais e na economia.

A deterioração na quantidade e sobretudo na qualidade dos recursos hídricos tem consequências diretas no abastecimento humano. Isto porque as estações de Tratamento de Águas (ETA's) utilizam produtos químicos e métodos diferenciados dependendo das características da água bruta, o que impacta fortemente nos custos e nos desafios tecnológicos necessários à necessidade de observar os rigorosos padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano.

Em geral, essas avaliações têm se concentrado em escala global e as alterações da qualidade da água em lugares específicos ou em pequenas bacias ainda permanecem sem estudos na maior parte do mundo (IPCC, 2007; Mohammed, 2009). Por isso, identificar os impactos das mudanças em nível de bacia hidrográfica é tão importante, pois possibilita definir os graus de vulnerabilidade dos recursos hídricos e planejar ações de adaptação local, além de definir os futuros riscos para o desenvolvimento de projetos ambientais bem como as prioridades nos investimentos em uma dada região.

Diversos estudos têm confirmado a hipótese de que os processos hidrológicos possuem um alto grau de sensibilidade frente a alterações ocasionadas pelas mudanças climáticas (alterações na temperatura, precipitação, evapotranspiração e incremento de CO<sub>2</sub> na atmosfera), em diversas regiões (p.ex. Hagg et al., 2007; Steele-Dunne et al., 2008; Driessen et al., 2010; Uhlenbrook et al., 2010; Nóbrega et al., 2011; Casimiro et al., 2011).

Baseado em tais estudos, o presente projeto de pesquisa visa fazer uma revisão sobre a produção da qualidade água tratada na bacia do Rio Paraíba do Sul, e os aspectos que sofreram alterações nas últimas décadas comparando com o crescimento da população. A bacia do Rio Paraíba do Sul, foi escolhida por ser a maior com pressão antrópica, sofrendo perda de sua floresta natural e Mata Atlântica (Ricci apud Muller, 2006). O Projeto de pesquisa será feito, por meio de uma revisão bibliográfica inicial, e com o levantamento de dados passados que serão comparados a dados atuais, utilizando indicadores dos parâmetros (parâmetros físico-químicos, índice de desenvolvimento humano, indicadores de doenças causadas pela água e disponibilidade hídrica).

## **2- OBJETIVOS**

Verificar se o índice de desenvolvimento humano esta ligado a disponibilidade hídrica, assim como o surgimento de doenças causadas pela falta e qualidade da água.



### **3.2 Levantamento de Dados**

Por meio de consultas ao SNIS (Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento), obteve-se um histórico dos parâmetros utilizados no tratamento de água proveniente do Rio Paraíba do Sul nas últimas décadas também será construído indicadores de disponibilidade de água.

A atual vazão da Bacia do Rio Paraíba do Sul é de 1.118 m<sup>3</sup>/s (ANA- agência nacional de águas), este volume de água bruta tem parte captada e seus parâmetros analisados antes e pós tratamento de água. Em consulta ao site da CETESB, verifica-se que para se ter uma água bruta qualificada, são necessários verificar três grupos de parâmetros que são:

- Índice de Qualidade das Águas (IQA): temperatura d'água, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez;
- Parâmetros que avaliam a presença de substâncias tóxicas (teste de mutagenicidade, potencial de formação de trihalometanos, cádmio, chumbo, cromo total, mercúrio e níquel); e
- Parâmetros que afetam a qualidade organoléptica da água (fenóis, ferro, manganês, alumínio, cobre e zinco), (ANA).

Estes parâmetros terão seus valores verificados de acordo com as décadas que forem analisadas durante a tese de doutorado. Para esta pesquisa é utilizado apenas duas variáveis de qualidade da água: coliformes totais e turbidez, pois no momento são as duas que disponho de dados e impactam na causa de doenças hídricas.

No site do IBGE foi levantando todo o crescimento populacional dos 26 municípios e o IDHM. No DATASUS verificado todas as ocorrências de internações por doenças hídricas e mortalidade.

### **3.3 Métodos**

O modelo trás uma comparação das qualidades da água de cada município, condições socioeconômicas da população com os casos de internações por doenças veiculadas por poluição hídrica, segmentados por classes de disponibilidade hídrica.

Por meio dos dados levantados, os resultados encontrados são verificados por forma gráfica, com auxílio de tabelas numéricas e comparação de dados no decorrer das décadas pesquisadas. Analisando as progressões linear, inclusões, exclusões de cada parâmetro no tratamento de água.

#### **3.3.1 Indicadores sociais: Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)**

O IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), abrange três dimensões básicas do desenvolvimento humano – longevidade, educação e renda – expressas por diferentes variáveis estatísticas: expectativa de vida ao nascer, alfabetização de adultos, matrículas combinadas nos três níveis de ensino, PIB per capita corrigida pela capacidade de compra da moeda.

Na composição do IDH, as três dimensões têm igual peso e são descritas por índices parciais que podem variar entre 0 e 1, sendo os valores mais próximos à unidade indicativos de maior bem-estar social. Dessa forma, segundo classificação do PNUD, é possível verificar se o desenvolvimento humano em um país é muito baixo ( $0 < \text{IDH} < 0,499$ ), baixo ( $0,5 < \text{IDH} < 0,599$ ), médio ( $0,6 < \text{IDH} < 0,699$ ), alto ( $0,7 < \text{IDH} < 0,799$ ) ou muito alto ( $\text{IDH} > 0,800$ ).

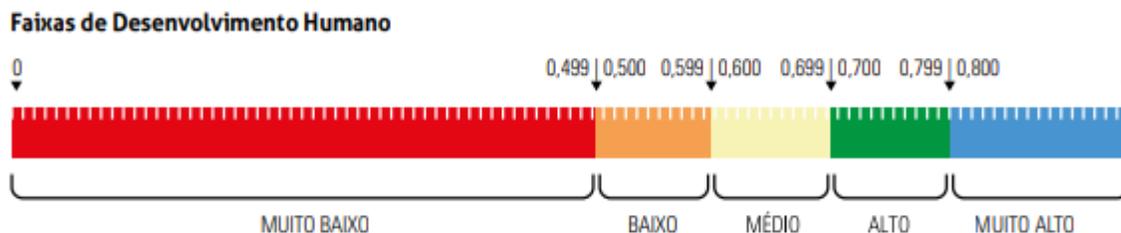


Figura 02 – IDH (Fonte: Atlas\_editorado\_web\_pt)

### 3.3.2 Indicadores de saúde

A base de dados consultada, nesse caso, foi o Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), desenvolvido pelo Ministério da Saúde, por meio de sua Secretaria de Assistência à Saúde, conjuntamente com as Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde em todo País.

Conforme determinação da Portaria MS no 1.832/94, desde 1996, as causas básicas de óbito são codificadas segundo a 10ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10) da Organização Mundial de Saúde. Semelhantemente, os dados de morbidade disponíveis no SIH/SUS, para os períodos de 1998 em diante, estão organizados conforme disposto na Lista de Tabulação para Morbidade da CID-10.

Particularmente, nesse trabalho, interessaram os dados do ano 2018 disponibilizados, via internet, pelo DATASUS, relativos às internações por algumas doenças infecciosas e parasitárias que podem ser associadas à poluição hídrica. As doenças infecciosas e parasitárias constituem o Capítulo I da CID-10, no qual estão listadas inúmeras enfermidades relacionadas à contaminação das águas por microrganismos patogênicos de origem humana (**amebíase, cólera, diarréias e gastroenterites entre outras**). Doenças que não são relativas a poluição hídrica e constavam na relação foram retiradas.

Os dados de mortalidade por município foram levantados conforme as causas básicas de óbito são codificadas segundo a 10ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10) da Organização Mundial de Saúde.

### 3.3.3 Indicadores de saneamento básico

Os indicadores de saneamento básico investigados no presente trabalho foram os de qualidade da água e disponibilidade hídrica relativos ao atendimento das populações por sistemas de abastecimento de água. Na estimativa dos índices de atendimento nos diversos municípios,

foram consideradas somente as técnicas de suprimento de água definidas como “aprimoradas”, tais como fornecimento de água.

Na classificação de disponibilidade hídrica por município tem-se: disponibilidade hídrica: <500m<sup>3</sup>/hab ano – muito baixo, 500 <Valor<1000 baixo, 1000<Valor<2000 moderado, 2000<Valor<10.000 suficiente e Valor>10.000 alto. (Fonte: Água doce do Brasil, 1999).

Para o índice de qualidade da água criou-se um indicador chamando (IQA), que contem as somas dos valores de turbidez e coliformes totais na mesma unidade (m<sup>3</sup>), por serem valores bem pequenos.

### 3.4 Escalonamento

Os dados seleccionados foram escalonados por meio de uma transformação linear ( $y = ax + b$ ). Esta equação da reta tem como denominador a amplitude dos dados, ou seja, o valor máximo observado menos o valor mínimo observado referente aos percentuais de cada índice ( Figura 03 - Transformação linear para a escala de 0 a 1.

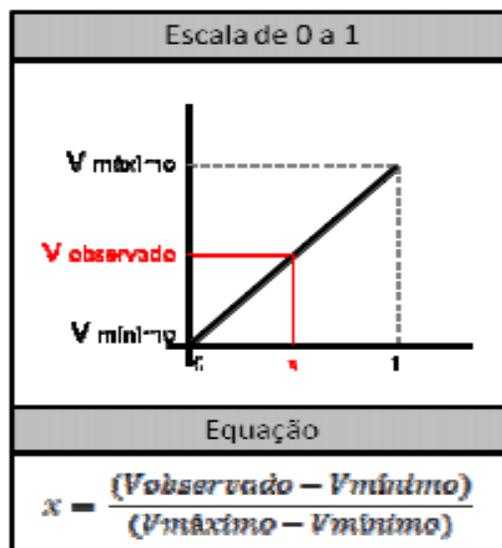


Figura 03 – Escalonamento de Variáveis.  
Fonte: Anazawa, 2012

## 4- RESULTADOS OBTIDOS

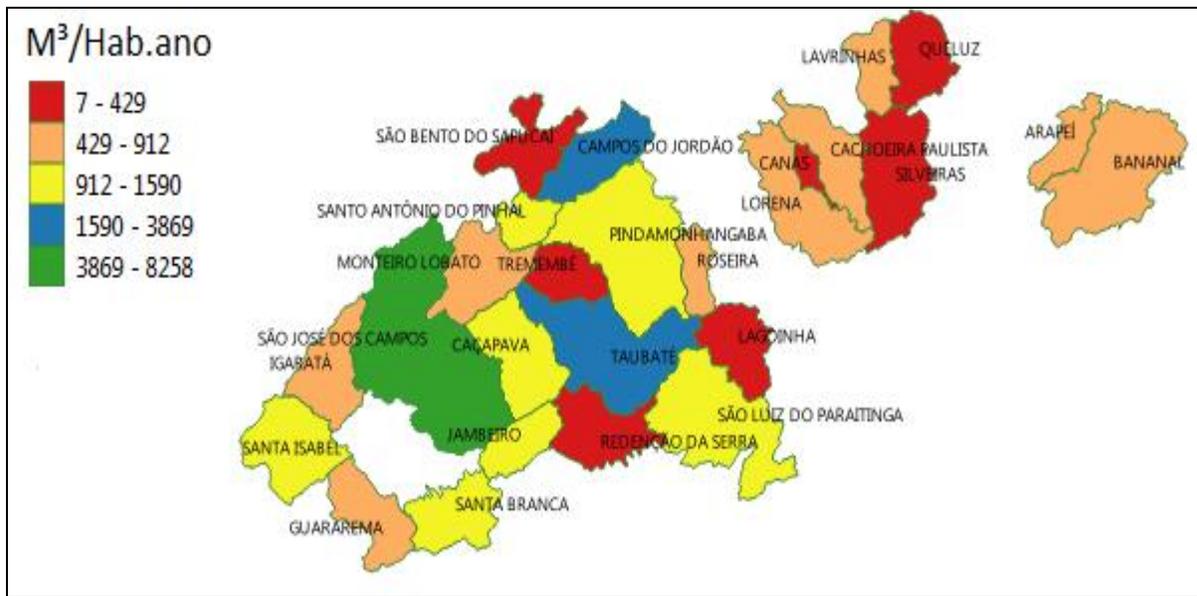


Figura 03 – Disponibilidade Hidrica M<sup>3</sup>/Hab.ano (Fonte: Qgis)



Figura 04 – Índice de desenvolvimento humano (Fonte: Qgis)

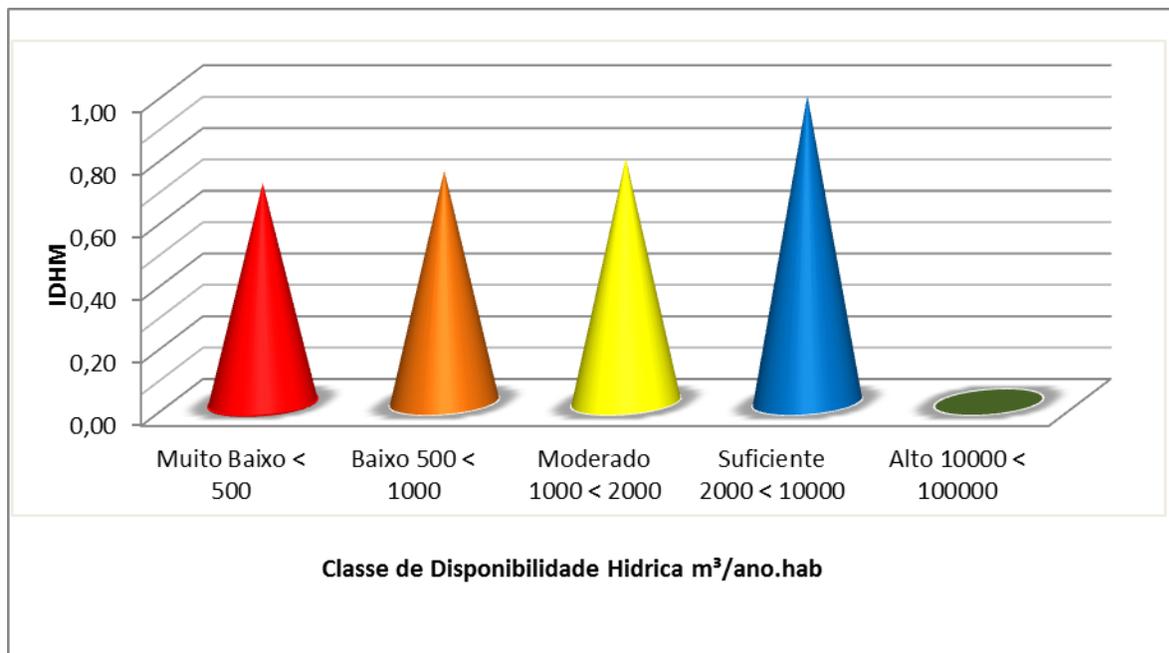


Gráfico 01 – Municípios com abastecimento de Água pela Sabesp

A existência ou não de ações de saneamento ambiental, exercidas em caráter preventivo ou remediador, bem como a forma e adequação de sua prática à realidade social e econômica, acabam por dizer muito mais a respeito do desenvolvimento humano que a própria potencialidade do meio natural (Gráfico 01).

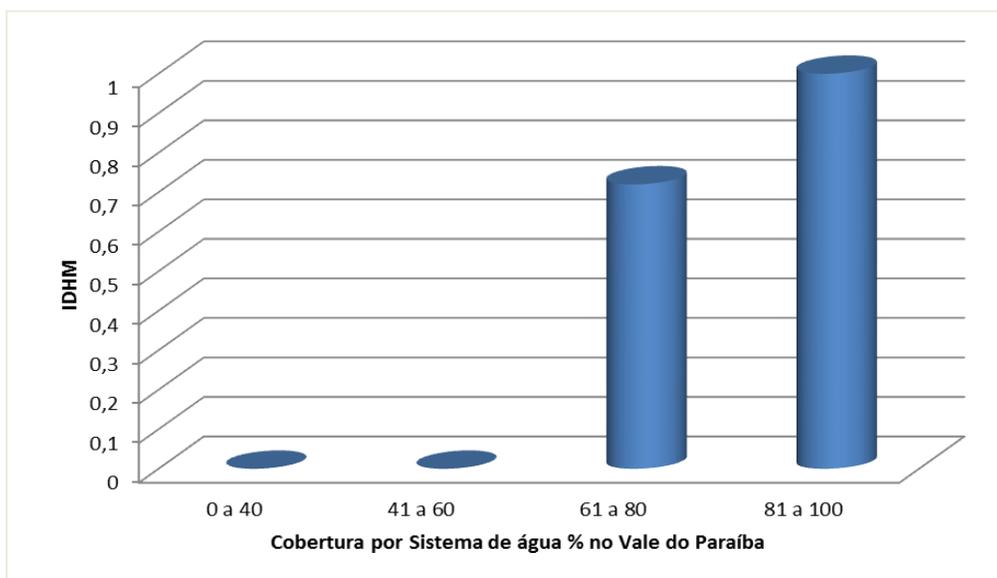
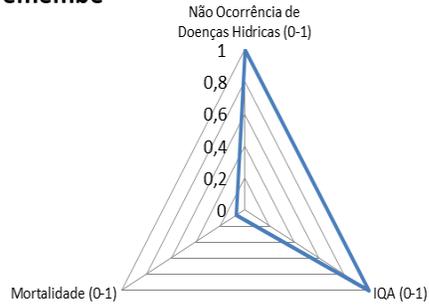
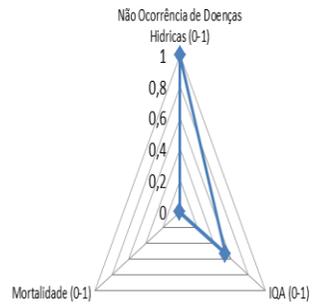


Gráfico 02 – Índice de Desenvolvimento Humano em 26 municípios do Vale do Paraíba, agrupados segundo os níveis de atendimento por sistemas de água.

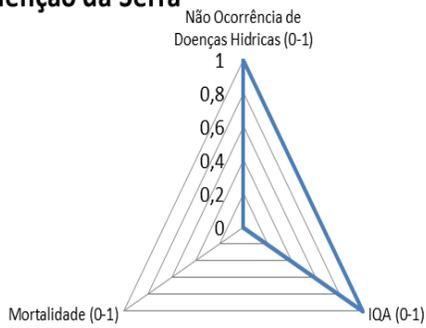
### Tremembé



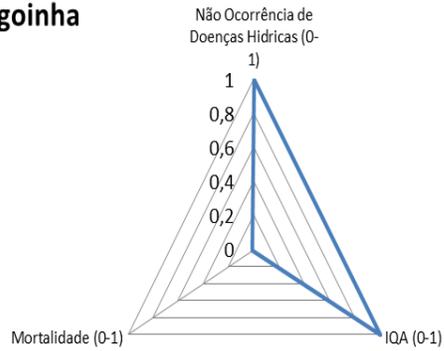
### Canas



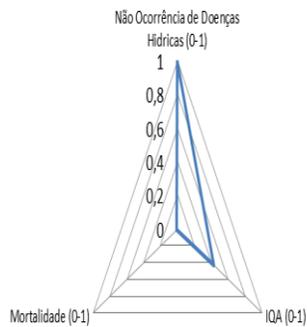
### Redenção da Serra



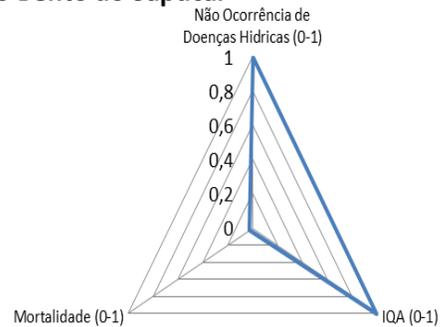
### Lagoinha



### Silveiras



### São Bento do Sapucaí



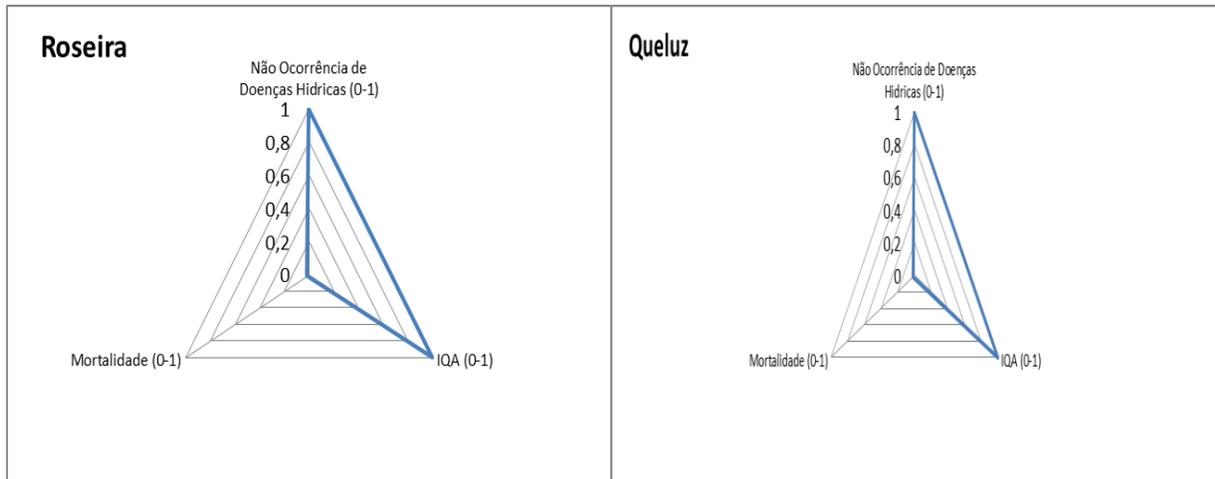
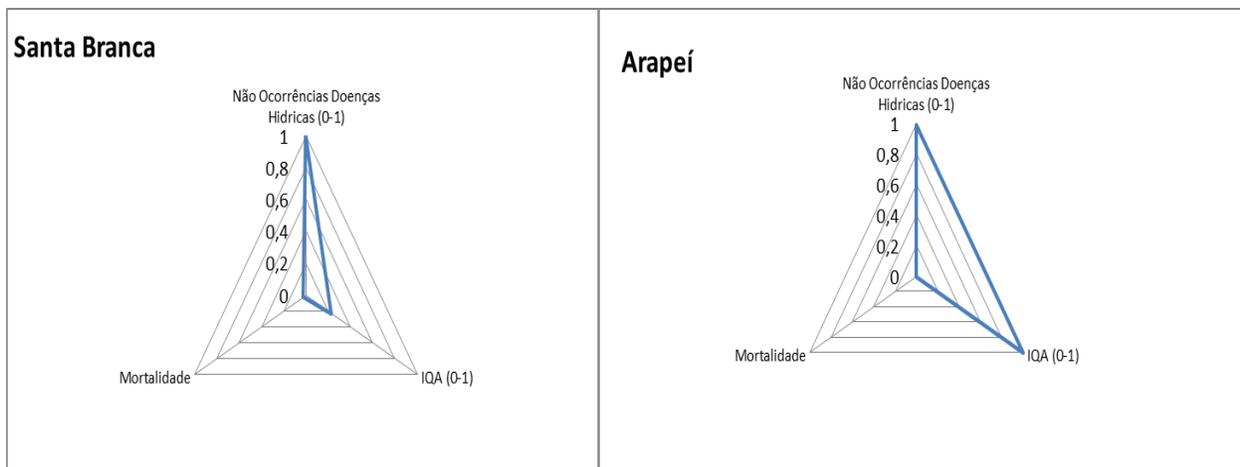
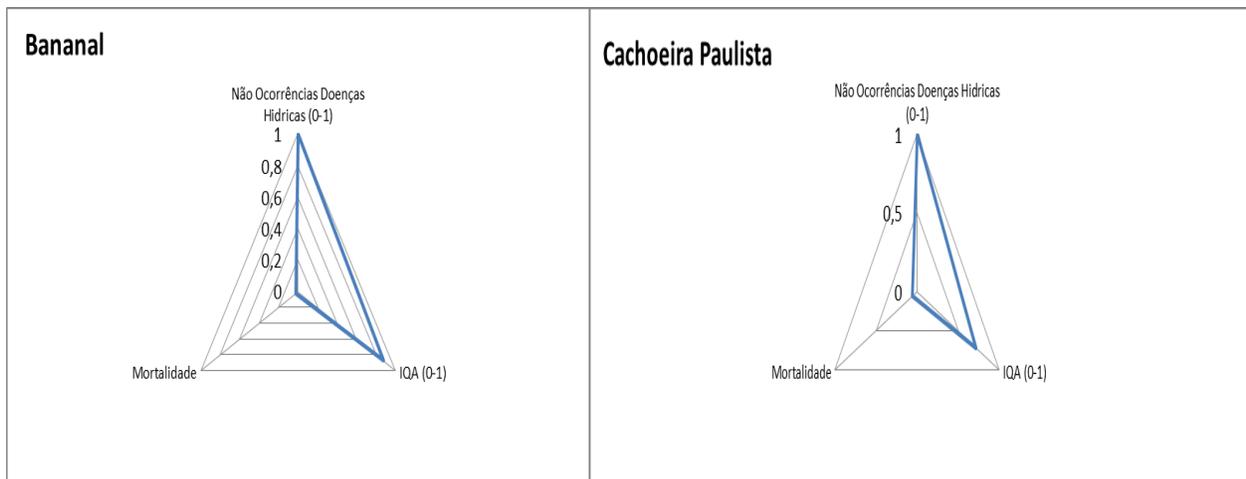


Gráfico 03 – Representação Gráfica de Variáveis (Mortalidade, Índices de qualidade de Água, Doenças Hídricas – Classificação de Disponibilidade Hídrica até <math>500\text{ m}^3/\text{ano.hab}</math>



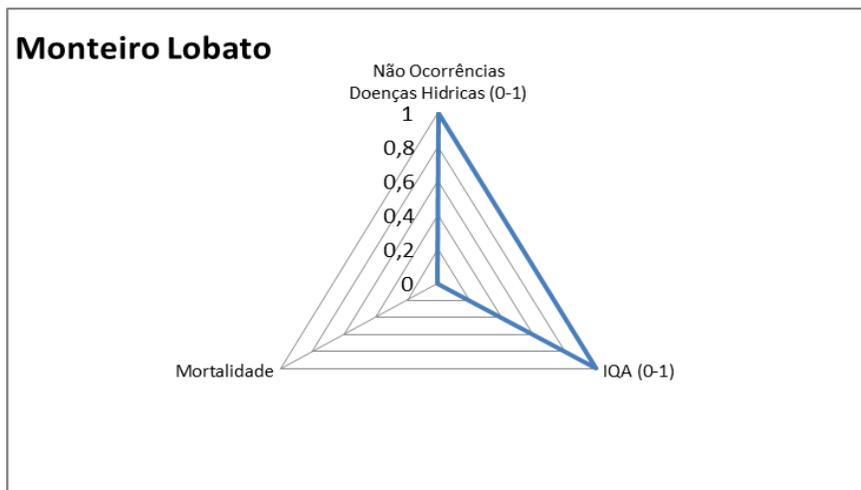
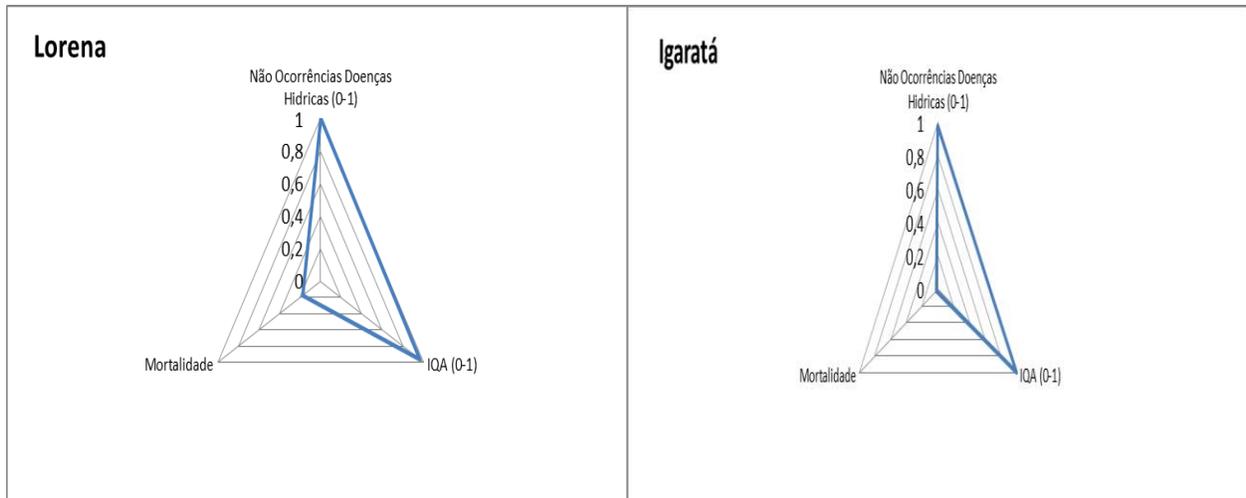
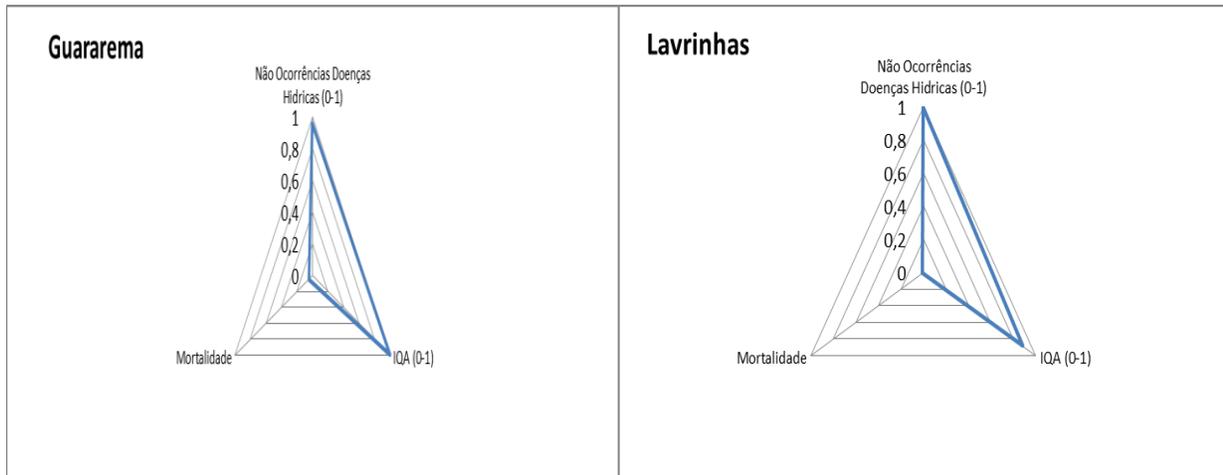


Gráfico 04 – Representação Gráfica de Variáveis (Mortalidade, Índices de qualidade de Água, Doenças Hídricas – Classificação de Disponibilidade Hídrica 501m<sup>3</sup>/ano.hab até 1.000 m<sup>3</sup>/ano.hab

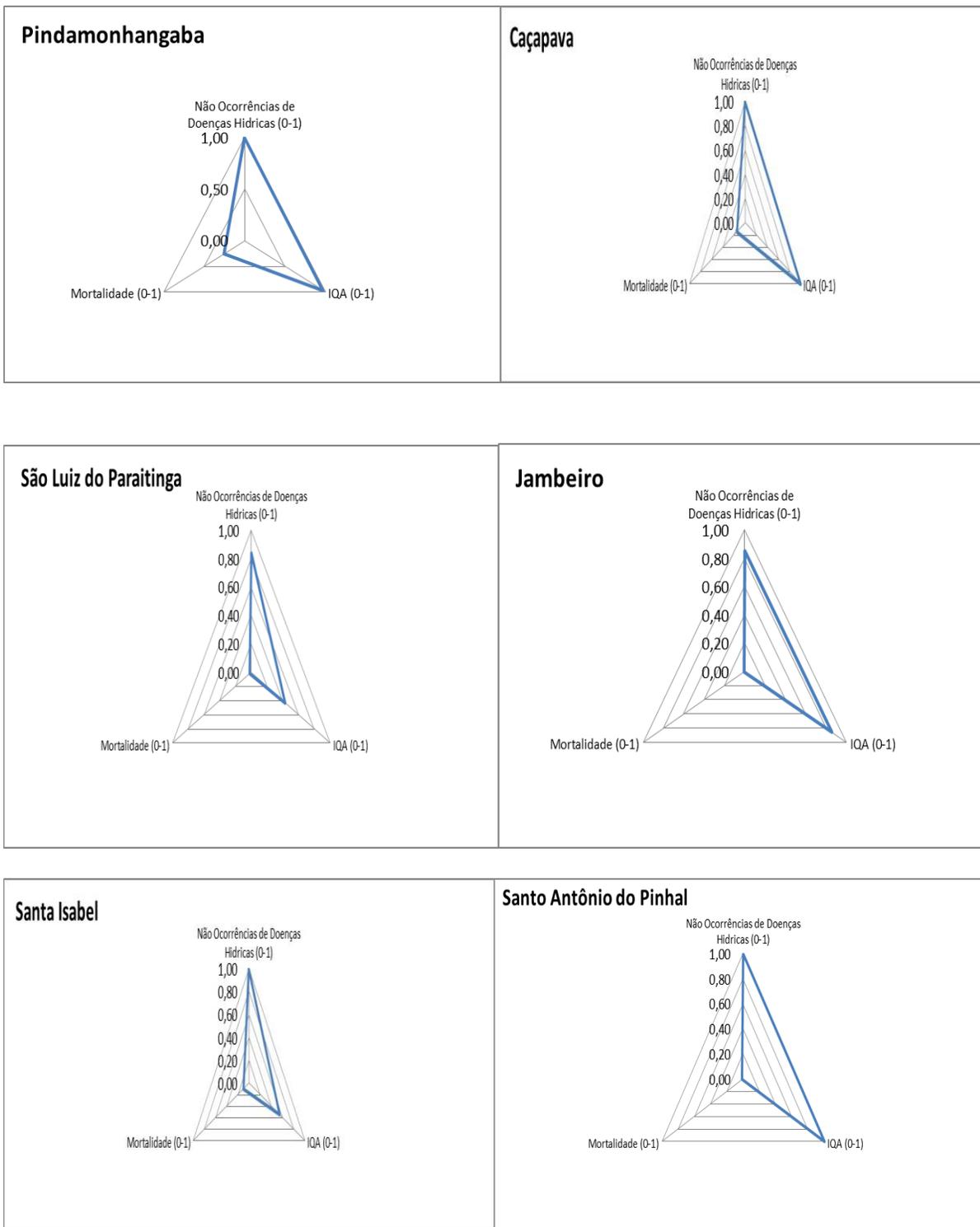


Gráfico 05 – Representação Gráfica de Variáveis (Mortalidade, Índices de qualidade de Água, Doenças Hídricas – Classificação de Disponibilidade Hídrica 1001m<sup>3</sup>/ano.hab até até 2.000 m<sup>3</sup>/ano.hab)

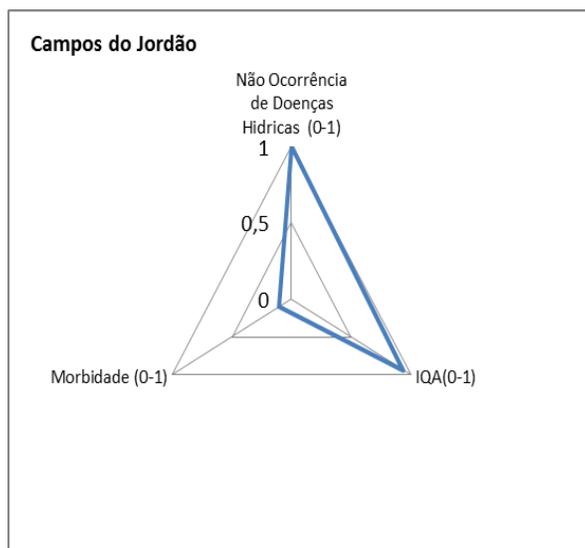
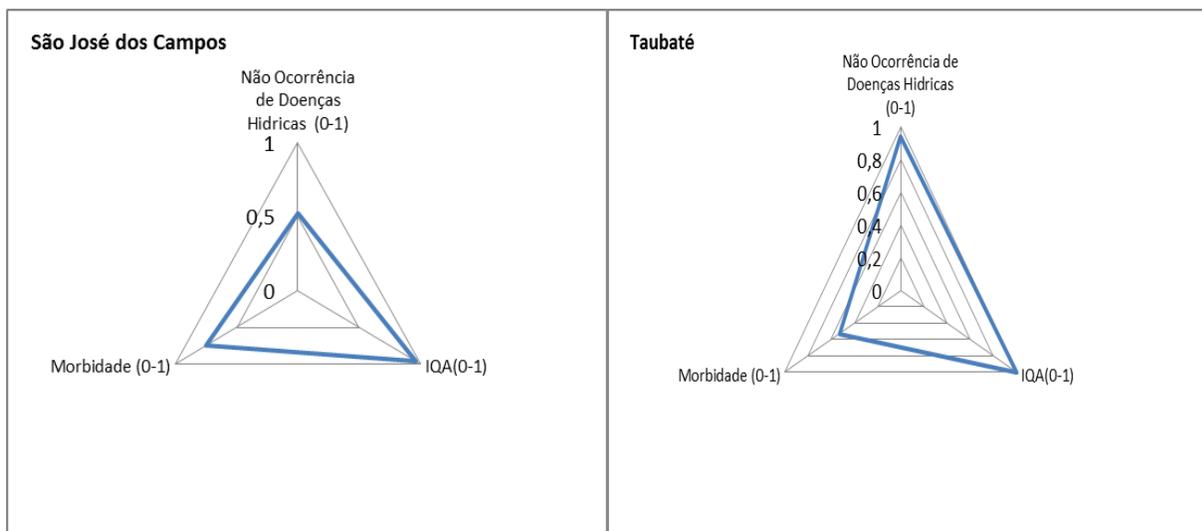


Gráfico 06 – Representação Gráfica de (Mortalidade, Índices de qualidade de Água, Doenças Hídricas – Classificação de Disponibilidade Hídrica > 2.000 m<sup>3</sup>/ano.hab)

## 5- DISCUSSÕES DOS GRÁFICOS APRESENTADOS

Há evidência entre o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e a abrangência dos serviços de saneamento básico nesse conjunto de municípios pode ser explicada pelo fato de o cálculo desse índice levar em consideração, além de estatísticas de renda e de educação da população, a expectativa de vida ao nascer.

Embora a disponibilidade hídrica e acesso a água bem tratada seja essencial para o desenvolvimento humano, é sabido que países com grande potencial hídrico, caso do Brasil, não detêm, simplesmente por essa condição, maiores oportunidades para o desenvolvimento econômico e para a prosperidade social (2004, Libano).

Algumas das grandes economias mundiais, especialmente os países da Europa e o Japão, usualmente apropriam-se de um volume de recursos bem superior a suas próprias dotações naturais (Cairncross, 1993). No caso específico dos recursos hídricos, o volume de produtos comercializados em transações internacionais, ou mesmo entre diferentes regiões de um mesmo país, tem importantes implicações na avaliação das disponibilidades hídricas (Allan, 2003).

Nesse sentido, a opção por importar determinados produtos ao invés de produzi-los localmente não é somente uma decisão de política econômica, configurando-se também como uma alternativa para gestão de recursos hídricos (Hoekstra, 2003). Allan (2003) advoga que, em algumas situações, a solução do déficit hídrico via comércio internacional pode ser mais vantajosa e adequada que as soluções de engenharia, usualmente adotadas. Dessa forma, a simples razão recurso/população não pode ser considerada o único fator limitante ou representativo do desenvolvimento humano, devendo ser consideradas outras variáveis explicativas.

As imagens das Figuras 03 e Figura 04 apresenta a relação entre o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e a reserva hídrica superficial per capita, medida em termos da recarga hídrica anual.

Portanto, a disponibilidade hídrica não deve ser a única variável explicativa do desenvolvimento regional. As reservas hídricas, se medidas exclusivamente em termos quantitativos, não dizem muito quanto à disponibilidade, mas somente, quanto à potencialidade. O primeiro conceito diferencia-se do último por ser sensível às pressões antrópicas sobre o sistema natural, as quais impõe a consideração conjunta de requisitos de quantidade e de qualidade de água.

Assim sendo, torna-se estratégico, essencial e urgente avaliar a sustentabilidade dos cenários de demanda e oferta hídrica da bacia do Rio Paraíba do Sul projetado pela Agência da Bacia no horizonte 2025 e 2035, incluindo abastecimento, irrigação e hidroeletricidade, quando cenários de mudanças climáticas regionalizados são explicitamente incorporados na análise.

Outros trabalhos já encontraram resultados que confirmaram a associação entre poluição hídrica e morbidade/mortalidade por doenças relacionadas à inadequação dos sistemas de saneamento. Em muitos desses estudos, concluiu-se que a falta de condições de saneamento estaria relacionada de maneira direta à morbidade.

Os investimentos em saneamento contribuiriam, além da melhoria nas condições de saúde, para a redução do impacto da pobreza e das desigualdades nas comunidades mais vulneráveis.

O Gráfico 01 mostra a classificação de disponibilidade hídrica por IDHM, onde se pode ver que o IDHM acompanhou a disponibilidade de água, sugerindo uma hipótese de relação direta que pode ser investigada mais profundamente.

O Gráfico 02 traz o resultado da cobertura por sistema de água nos municípios selecionados do Vale do Paraíba neste estudo, mostrando uma cobertura de saneamento alta, em municípios onde se tem cobertura de 100% o IDHM chega próximo de 1.

As representações gráficas que contem as variáveis mortalidade, índices de qualidade de água e doenças hídricas, estão classificadas por disponibilidade hídrica, assim no Gráfico 03 para disponibilidade hídrica <500 m<sup>3</sup>/ano.hab, teve-se no geral poucas ocorrências de doenças hídricas, o que tem relação com a qualidade da água apresentada ser boa, e também pela estimativa populacional reduzida, e proximidades com centros urbanos maiores para busca de atendimento hospitalar maiores como São José dos Campos e Taubaté.

O Gráfico 04 para disponibilidade hídrica de 501 m<sup>3</sup>/ano. hab até 1.000 m<sup>3</sup>/ano.hab exhibe resultados de mortalidade um pouco mais elevado para o município de Lorena, cidade com uma

estrutura hospitalar um pouco maior do que as demais deste conjunto. No Gráfico 05 para disponibilidade hídrica de 1001 m<sup>3</sup>/ano. hab até 2.000 m<sup>3</sup>/ano. hab o mesmo ocorre com Caçapava, outro fator que pode ser verificado é o fato destes municípios serem um pouco mais desenvolvidos e com maior população.

Para a classificação de disponibilidade hídrica de > 2.000 m<sup>3</sup>/ano .hab os três municípios apresentam índices de mortalidade médios com alta ocorrência de doenças hídricas e um índice de qualidade da água bom.

Após estas análises o cenário apresentado supõe uma relação entre elas, mas de modo não direto, para se concluir de fato que exista um impacto efetivo entre elas o estudo deve ser aprofundado considerando-se mais parâmetros que fazem parte das três variáveis.

Assim intenações por doenças veiculadas pela água estão associadas às condições de saneamento básico, escolaridade e cobertura por serviços de atenção básica. Sugere-se que a adoção integrada de políticas de saneamento, a educação e a assistência à saúde, que considerem as desigualdades regionais, contribuirá para a melhoria das condições de saúde da população e dos indicadores de saúde para as referidas doenças.

## 6- REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS

[http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-Content/uploads/2013/08/1\\_TRADUCOES\\_vol6n2.pdf](http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-Content/uploads/2013/08/1_TRADUCOES_vol6n2.pdf)

IPCC. 2014. Central and South America. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. In: Barros V. R et al., (Eds), Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1499-1566.

LELIS, T. A.; CALIJURI, M. L.; FONSECA, A. S. da; LIMA, D. C. de. Impactos causados pelas mudanças climáticas nos processos erosivos de uma bacia hidrográfica: Simulação de cenários -2011;

<http://gripbsul.ana.gov.br/rels/R02.Coleta%20de%20dados.pdf>

Libâno, P.A.C. A dimensão da qualidade de água: Avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública.

<http://www.ceivap.org.br/downloads/PSR-010-R0.pdf>

[http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manualcont\\_quali\\_agua\\_tecnicos\\_trab\\_emetas.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf)

<http://redd.mma.gov.br/pt/noticias-principais/328-desmatamento-e-mudanca-climatica-reduzem-chuva-e-provocam-crise>

[http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/RAN1\\_completo\\_vol2.pdf](http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/RAN1_completo_vol2.pdf)

## ANEXO I

| CD_GEOCMU | Municípios              | Classificação de Água disponível | Mortalidade (0-1) | Não Ocorrência de Doenças Hidricas (0-1) | IQA  |
|-----------|-------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------------------------------|------|
| 3554805   | Tremembé                | Muito Baixo                      | 0,07              | 1,00                                     | 1    |
| 3509957   | Canas                   | Muito Baixo                      | 0,01              | 1,00                                     | 0,53 |
| 3542305   | Redenção da Serra       | Muito Baixo                      | 0,01              | 1,00                                     | 1    |
| 3526308   | Lagoinha                | Muito Baixo                      | 0,01              | 1,00                                     | 1    |
| 3552007   | Silveiras               | Muito Baixo                      | 0,01              | 1,00                                     | 0,43 |
| 3548609   | São Bento do Sapucaí    | Muito Baixo                      | 0,02              | 1,00                                     | 1    |
| 3544301   | Roseira                 | Muito Baixo                      | 0,02              | 1,00                                     | 1    |
| 3541901   | Queluz                  | Muito Baixo                      | 0,02              | 1,00                                     | 1    |
| 3504909   | Bananal                 | Baixo                            | 0,02              | 1,00                                     | 0,88 |
| 3508603   | Cachoeira Paulista      | Baixo                            | 0,06              | 1,00                                     | 0,71 |
| 3546009   | Santa Branca            | Baixo                            | 0,03              | 1,00                                     | 0,23 |
| 3503158   | Arapeí                  | Baixo                            | 0,00              | 0,99                                     | 1    |
| 3518305   | Guararema               | Baixo                            | 0,05              | 0,96                                     | 1    |
| 3526605   | Lavrinhas               | Baixo                            | 0,01              | 1,00                                     | 0,88 |
| 3527207   | Lorena                  | Baixo                            | 0,17              | 1,00                                     | 0,97 |
| 3520202   | Igaratá                 | Baixo                            | 0,02              | 0,98                                     | 1    |
| 3531704   | Monteiro Lobato         | Baixo                            | 0,01              | 1,00                                     | 1    |
| 3538006   | Pindamonhangaba         | Moderado                         | 0,26              | 1,00                                     | 0,97 |
| 3508504   | Caçapava                | Moderado                         | 0,15              | 1,00                                     | 1,00 |
| 3550001   | São Luiz do Paraitinga  | Moderado                         | 0,02              | 0,84                                     | 0,43 |
| 3524907   | Jambeiro                | Moderado                         | 0,01              | 0,85                                     | 0,86 |
| 3546801   | Santa Isabel            | Moderado                         | 0,10              | 1,00                                     | 0,55 |
| 3548203   | Santo Antônio do Pinhal | Moderado                         | 0,01              | 1,00                                     | 1,00 |
| 3549904   | São José dos Campos     | Suficiente                       | 1,00              | 0,52                                     | 0,06 |
| 3554102   | Taubaté                 | Suficiente                       | 0,53              | 0,94                                     | 0,04 |
| 3509700   | Campos do Jordão        | Suficiente                       | 0,10              | 0,00                                     | 0,57 |