



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

FRANCISCO GONÇALVES FEIJÃO NETO

**ESTUDO DA PEGADA HÍDRICA NO SEMIÁRIDO PIAUIENSE: A BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO GUARIBAS**

RECIFE

2017

FRANCISCO GONÇALVES FEIJÃO NETO

**ESTUDO DA PEGADA HÍDRICA NO SEMIÁRIDO PIAUIENSE: A BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO GUARIBAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE para obtenção do Título de Doutor em Recursos Hídricos e Meio Ambiente.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Linha de Pesquisa: Gestão de Recursos Hídricos.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. D<sup>ra</sup>. Maria de Lourdes Florêncio dos Santos.

RECIFE

2017

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Valdicèa Alves, CRB-4 / 1260

F297e Feijão Neto, Francisco Gonçalves.  
Estudo da pegada hídrica no semiárido piauiense: a bacia hidrográfica do rio guaribas / Francisco Gonçalves Feijão Neto. - 2017.  
131folhas, Il. e Tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Maria de Lourdes Florêncio dos Santos.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil e Ambiental, 2017.

Inclui Referências, Apêndices e Anexos.

1. Engenharia Civil. 2. Recursos hídricos. 3. Índice de desenvolvimento humano. 4. Renda familiar. 5. Pegada hídrica. I. Santos, Maria de Lourdes Florêncio dos. (Orientadora). II.Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-107



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

A comissão examinadora da Defesa de Tese de Doutorado

**ESTUDO DA PEGADA HÍDRICA NO SEMIÁRIDO PIAUIENSE:  
A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUARIBAS**

defendida por

Francisco Gonçalves Feijão Neto

Considera o candidato APROVADO

Recife, 27 de janeiro de 2017

Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria de Lourdes Florêncio dos Santos - UFPE  
(orientadora)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves - UFPE  
(examinadora externa)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Simone Machado Santos - UFPE  
(examinadora externa)

---

Prof. Dr. Wanderli Rogério Moreira Leite - UFPE  
(examinador externo)

---

Prof. Dr. José Roberto Gonçalves de Azevedo - UFPE  
(examinador interno)

Como testemunho de minha dedicação e perseverança na busca do saber e da realização profissional, dedico este trabalho ao meu irmão Edmilson Feijão (*in memoriam*), com quem vivi uma intensa relação de amor e amizade, e de cuja convivência herdei a liberdade.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas oportunidades que me foram dadas, e por iluminar meus passos durante toda a caminhada da vida.

Para a realização deste trabalho, foi muito importante contar com a colaboração, incentivo e o carinho de algumas pessoas, às quais dedico meus agradecimentos especiais:

À Lidiane, minha noiva, pelo incentivo, apoio e compreensão nos inúmeros momentos dedicados a este trabalho;

Aos meus pais, Zacarias e Terezinha (*in memoriam*), a quem eu rogo todas as noites a minha existência;

Aos meus irmãos, Edmilson e Graçinha (*in memoriam*), por serem exemplos inigualáveis de amor, e por terem me fornecido condições para meu crescimento profissional;

Aos meus irmãos, Marcos, José Carlos e Fátima, que sempre demonstraram, de maneira voluntária, respeito aos meus pensamentos, me levando a buscar mais conhecimentos;

Ao meu sobrinho, Marcos Filho, pelo carinho e amor incondicional;

À minha amiga de curso e profissão Maria Lúcia Portela, pelas horas de estudos compartilhadas e, sobretudo, pelo apoio e incentivo nos momentos mais difíceis dessa “batalha”.

A todos os professores do curso de Doutorado da UFPE, que, competentemente, nos embasaram de fundamentos e argumentos, os quais consubstanciaram nossa formação;

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. D<sup>ra</sup>. Maria de Lourdes Florêncio Santos, pelos ensinamentos e convivência, e, acima de tudo, por ter me dado a oportunidade de tê-la como orientadora.

Aos meus colegas do curso de Doutorado, pelo convívio, do qual levo ótimas lembranças dos momentos de descontração e alegria, e das horas de estudo compartilhadas;

A todos os demais que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. Muito obrigado!

*“O SENHOR é a minha luz e a minha  
salvação; a quem temerei? O SENHOR é a  
força da minha vida; de quem me recearei?”*

Salmo 27:1

## RESUMO

A pegada hídrica (PH) é um indicador mundial importante que pode ser aplicado na gestão das águas para aferir o grau de sustentabilidade desse recurso a níveis regional e mundial. Este trabalho propôs um estudo, relativo aos anos de 2000 a 2010, da demanda de água junto à bacia hidrográfica do rio Guaribas - PI, usando a PH local como ferramenta de aferição da referida bacia, quanto à sua sustentabilidade hídrica. De 2000 a 2010, a PH média *per capita* da bacia hidrográfica do rio Guaribas variou entre 658 m<sup>3</sup>/ano a 1.640 m<sup>3</sup>/ano. Os resultados indicaram que para o ano de 2000, a PH média *per capita* da bacia do rio Guaribas foi de 685 m<sup>3</sup>/ano e para 2010 de 974 m<sup>3</sup>/ano, o que significa um acréscimo de 42,20% em dez anos. Neste mesmo período, o estado do Piauí aumentou sua PH média *per capita* em 69,24%, passando de 686 m<sup>3</sup>/ano em 2000 para 1.161 m<sup>3</sup>/ano em 2010. Neste período, Picos foi o município que mais cresceu em termos de PH e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), concomitantemente, justificando assim o seu destaque como o município mais desenvolvido da bacia e região. A pegada hídrica aumenta linearmente com a renda familiar e com o IDH, enquanto diminui de acordo com os hábitos alimentares. Dessa forma, a redução da PH está associada com a mudança dos hábitos alimentares e redução de consumo em geral.

**Palavras-chave:** Recursos hídricos. Índice de desenvolvimento humano. Renda familiar. Pegada hídrica.

## ABSTRACT

The water footprint (PH) is an important global indicator that can be applied in water management to measure the sustainability of this resource at regional and global levels. This work proposes a study, for the years 2000 to 2010, of the water demand in the Guaribas - PI river basin, using the local PH as a tool to measure the basin, in terms of its water sustainability. From 2000 to 2010, the average PH per capita of the Guaribas river basin ranged from 658 m<sup>3</sup> / year to 1,640 m<sup>3</sup> / year. The results indicated that for the year 2000, the average PH per capita of the Guaribas river basin was 685 m<sup>3</sup> / year and for 2010 of 974 m<sup>3</sup> / year, which means an increase of 42.20% in ten years. In the same period, the state of Piauí increased its average PH per capita by 69.24%, from 686 m<sup>3</sup> / year in 2000 to 1,161 m<sup>3</sup> / year in 2010. In this period, Picos was the municipality that grew the most in terms of PH and Human Development Index (HDI), concomitantly, thus justifying its prominence as the most developed municipality in the basin and region. The water footprint increases linearly with family income and the HDI, while decreasing according to dietary habits. Thus, PH reduction is associated with changes in eating habits and reduction of overall consumption.

**Keywords:** Water resources. Human development index. Family income. Water footprint.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Projeção da população mundial em bilhões de habitantes .....	21
Figura 2 - População urbana, rural e total do Brasil (1940 a 2010) .....	33
Figura 3 - Crescimento das populações urbana, rural e total do Brasil .....	34
Figura 4 - Adicional da população urbana brasileira (1950 a 2010) .....	35
Figura 5 - Gráfico do índice de Gini.....	45
Quadro 1 - Relação entre os diferentes tipos de pegada hídrica .....	55
Figura 6 - Valores da Pegada hídrica mundial por setores produtivos ( $\times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$ ) .....	60
Figura 7 - Distribuição espacial da PH no Brasil .....	61
Figura 8 - (a) Superfície global coberta por água; (b) Distribuição da água no planeta. .....	65
Figura 9 - Recursos hídricos no Brasil .....	66
Figura 10 - Panorama de utilização da água acima da disponibilidade no ano de 1995 e previsão para o ano de 2025.....	67
Figura 11 - Ciclo da água .....	69
Figura 12 - Bacia hidrográfica .....	70
Figura 13 - Resposta hidrológica da bacia hidrográfica .....	71
Figura 14 - Semiárido no Brasil .....	73
Figura 15 - Semiárido Piauiense .....	74
Quadro 2 - Barragens de grande porte da bacia do rio Canindé.....	76
Figura 16 - Bacia hidrográfica do rio Guaribas .....	78
Figura 17 - Divisão político-administrativa da bacia do rio Guaribas.....	79
Quadro 3 - Bacia do Guaribas, segundo as sub-bacias e municípios - 2000.....	80
Quadro 4 - Características físicas da bacia do rio Guaribas .....	81
Figura 18 - Localização da Bacia hidrográfica do Rio Guaribas.....	82
Figura 19 - Divisão das bacias hidrográficas do estado do Piauí .....	85
Figura 20 - (a) Bacia hidráulica do reservatório de Bocaina; (b) Vista superior do reservatório de Bocaina; (c) Vista superior do barramento de Bocaina .....	88
Figura 21 - Perfil populacional da bacia do Guaribas - 2010.....	94
Figura 22 - Regressão linear da PH com a renda familiar.....	113
Figura 23 - Regressão linear da PH com o IDH .....	113
Figura 24 - Regressão linear do IDH com a renda familiar .....	114

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População urbana, rural e total do Brasil (1940 a 2010) .....	32
Tabela 2 - Incremento da população brasileira (1950 a 2010) .....	35
Tabela 3 - Exemplos de pegadas hídricas de alguns produtos .....	56
Tabela 4 - Evolução das vazões de projeto das cidades integradas ao Sistema Adutor de Bocaina.....	87
Tabela 5 - População residente, por domicílio e sexo, segundo os municípios da bacia hidrográfica do rio Guaribas e do estado do Piauí - 2000.....	92
Tabela 6 - População residente, por domicílio e sexo, segundo os municípios da bacia hidrográfica do rio Guaribas e do estado do Piauí - 2010.....	93
Tabela 7 - Municípios pesquisados quanto ao hábito alimentar.....	96
Tabela 8 - Dados para PH da bacia do Guaribas - 2000.....	100
Tabela 9 - Dados para PH da bacia do Guaribas - 2010.....	101
Tabela 10 - Pegada hídrica (m <sup>3</sup> /ano) da bacia do rio Guaribas - 2000.....	102
Tabela 11 - Pegada hídrica (m <sup>3</sup> /ano) da bacia do rio Guaribas - 2010.....	103
Tabela 12 - PH, Renda, IDH e IG dos municípios da bacia do Guaribas (2000).....	104
Tabela 13 - PH, Renda, IDH e IG dos municípios da bacia do Guaribas (2010).....	105
Tabela 14 - IDH e IG municipal da bacia do Guaribas (2000 - 2010).....	108

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	14
1.1	<b>Objetivo geral</b> .....	18
1.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	19
2.1	<b>Contextualização da questão ambiental</b> .....	20
2.2	<b>Questão ambiental e urbanização</b> .....	24
2.3	<b>O crescimento urbano no Brasil</b> .....	30
2.4	<b>Sustentabilidade social</b> .....	37
2.5	<b>Índices de sustentabilidade</b> .....	40
2.5.1	Índice de desenvolvimento humano - IDH.....	43
2.5.2	Índice de Gini .....	44
2.5.3	Pegada ecológica.....	46
2.5.4	Pegada hídrica .....	50
2.6	<b>Contextualização global da pegada hídrica</b> .....	59
2.7	<b>Pegada hídrica no Brasil</b> .....	60
2.8	<b>Recursos hídricos</b> .....	62
2.9	<b>Bacia Hidrográfica</b> .....	68
2.10	<b>Regiões semiáridas</b> .....	72
2.10.1	Semiárido piauiense.....	73
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	74
3.1	<b>Área de estudo</b> .....	74
3.1.1	Bacia hidrográfica do Rio Canindé .....	75
3.1.2	Bacia hidrográfica do rio Guaribas .....	77
3.1.3	Recursos hídricos locais.....	83
3.1.3.1	<i>Barragem de Bocaina</i> .....	834

<b>3.2</b>	<b>Dados da pesquisa</b> .....	90
<b>3.3</b>	<b>Amostragem do estudo</b> .....	95
<b>3.4</b>	<b>Cálculo da pegada hídrica</b> .....	99
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	104
<b>4.1</b>	<b>Pegada hídrica na bacia do Guaribas</b> .....	104
<b>4.2</b>	<b>Componentes da pegada hídrica</b> .....	109
4.2.1	Pegada hídrica de uso doméstico .....	110
<b>4.3</b>	<b>Pegada hídrica e indicadores Sociais</b> .....	112
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	116
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	119
	<b>APÊNDICE A</b> .....	129
	<b>ANEXO A</b> .....	130
	<b>ANEXO B</b> .....	131

## 1 INTRODUÇÃO

O custo-benefício do desenvolvimento humano precisa ser refletido e reformulado, em termos sustentáveis mundial. O mundo hoje vivencia uma grande crise quanto à instabilidade global, que tem como atenuantes principais o rápido crescimento e a degradação do meio ambiente (MARACAJÁ, 2013). Nas últimas décadas as necessidades humanas se diversificaram e se tornaram mais complexas e urgentes, refletindo diretamente na forma e tamanho do consumo dos recursos naturais, devido às suas demandas, cada vez mais crescentes.

O equilíbrio entre as sociedades econômicas “sustentáveis” e o meio ambiente, requer um conhecimento além da compreensão da dinâmica dos fluxos econômicos, é preciso também o entendimento da dinâmica biótica dos sistemas naturais, pois deve-se saber de quanto da capacidade destes é necessário para absorver os impactos ambientais produzidos pela humanidade.

O conceito universal dominante de desenvolvimento sustentável, consiste na condição de o planeta poder proporcionar recursos suficientes para assegurar o bem-estar das pessoas, em toda parte. Neste particular, segundo Galli *et al.* (2012), as pegadas ecológica, hídrica e de carbono demonstram que a humanidade está vivendo, atualmente, além da capacidade da Terra.

Em termos globais, as agressões aos sistemas naturais desencadeiam uma crise sem precedentes e de difícil caracterização, devido à sua complexidade no que diz respeito aos fatores que lhes são atribuídos. As questões ambientais contingentes e significativas, extremamente preocupantes atualmente, diversificam-se por setores, dentre eles o mais gritante, sob o ponto de vista da necessidade humana, o dos recursos hídricos.

A degradação ambiental e dos recursos hídricos resultante das atividades antrópicas, presentes, principalmente, nos processos de desenvolvimento urbano e nos usos e ocupações do solo, diminui a produtividade da biomassa e da biodiversidade, afetando quanti e qualitativamente a disponibilidade da água, refletindo negativamente no desenvolvimento socioeconômico. O uso irracional dos recursos hídricos, afeta gravemente os ecossistemas, que podem chegar, até mesmo, a situações de colapso, muitas vezes irreversíveis (VIEIRA, 2014).

O mundo hoje, e principalmente a classe científica, está voltado para as questões ambientais, sobretudo com relação aos recursos hídricos. As evidências apontam que poderá ocorrer no futuro “próximo” uma “crise” hídrica de proporções catastróficas, se sérias e urgentes providências não forem tomadas, pois seus sintomas já se apresentam.

Neste contexto, um dos problemas mais sérios por que passa a humanidade hoje reside no fato da incompatibilidade entre a disponibilidade e a demanda de água. Esse problema, que é grave e muito preocupa, só tende a aumentar cada vez mais, em face de ser a água um recurso limitado e as populações aumentarem progressivamente, bem como as suas demandas hídricas.

Segundo Gleick (2000), a retirada de água doce no planeta aumentou quase sete vezes no século passado. Esse montante hídrico, ainda segundo o autor, deve aumentar a cada dia devido ao crescimento populacional, e às mudanças nos hábitos alimentares e de consumo das populações. O volume de água superficial do planeta em determinado período não é disponível integralmente devido a evaporação superficial, principalmente em regiões com demanda atmosférica elevada, como por exemplo as regiões semiáridas. Assim, nestas regiões se torna mais crítico o problema do aumento da demanda de água doce para o consumo humano, bem como para a irrigação.

Vieira (2003), estima que, em nível mundial, anualmente são extraídos cerca de 4000 km<sup>3</sup> de água provenientes de rios, lagos e aquíferos. Deste volume 70% é consumido no setor agropecuário, utilizado na produção de alimentos, 22% é para uso industrial e os 8% restantes para uso doméstico.

Fatores correntes atuais como o aumento da temperatura, as alterações climáticas e a diminuição na frequência das precipitações, promovem bastante o aumento da falta d'água, levando ao déficit deste recurso nas reservas naturais. Essa diferença relativa ao volume de água que não é repostado nas referidas reservas, causa níveis elevados de stress hídrico em um número cada vez maior de países, sendo que o índice de stress varia de país para país, dependendo da disponibilidade e da demanda de água local (CARVALHO, 2015).

A total relação de dependência da vida para com a água se evidencia quando reconhecemos nesta os usos múltiplos, as propriedades e a sua distribuição espaço-temporal, que é irregular. Dentro dessa visão, preocupa muito a questão da

sustentabilidade hídrico-ambiental, uma vez que, sendo a água uma substância abundante na terra e, ainda assim, ser reconhecidamente um recurso escasso, isso reflete quanto ao futuro dos povos, considerando que as taxas de demandas por água são cada vez mais crescentes, bem como as taxas de crescimento mundial.

A quantificação do desequilíbrio ambiental entre o homem e a natureza pode ser estimada através de indicadores do uso da água. A metodologia utilizada na determinação de indicadores do uso da água deve contemplar a discussão e avaliação dos índices de sustentabilidade, através do uso direto e indireto da água de um consumidor ou produto (ERCIN *et al.*, 2011).

Nesse sentido, os estudos experimentais e de modelagem são muito importantes quanto à estimativa e aferição dos recursos naturais. As concentrações aceitáveis dos recursos naturais podem ser definidas para bacias hidrográficas sob vários aspectos como por exemplo zonas climáticas, produtividades e disponibilidade hídrica, assim a análise da sustentabilidade local se torna mais consistente (LIU *et al.*, 2012).

Face à pertinência do tema, e sendo o semiárido piauiense uma região bastante castigada pelas secas, o presente trabalho propôs um estudo da demanda de água consuntiva junto à bacia hidrográfica do rio Guaribas, usando a Pegada Hídrica (PH) local como ferramenta de aferição da referida bacia, quanto à sua sustentabilidade hídrica.

A pegada hídrica (PH) é um parâmetro mundial que indica o consumo de água de pessoas e produtos, portanto é um índice indicador importante que pode ser aplicado na gestão das águas para aferir o grau de sustentabilidade desse recurso a níveis regional e mundial. Este trabalho, no entanto, objetiva aferir apenas a demanda de água para consumo humano nos municípios que integram a bacia hidrográfica do rio Guaribas, pois se trata de uma região subdesenvolvida, onde a produção é essencialmente agrícola e de subsistência.

Quanto aos diversos usos da água doce, dois fatos são preocupantes e interferem diretamente nestes processos, a escassez e a poluição. A maior parte do volume de água doce consumido se dá no setor agrícola, seguido de volumes significativos consumidos e poluídos nos setores industriais e domésticos, decrescentes nesta ordem.

Para o uso correto da água, e eventuais racionalizações, é necessário o conhecimento das demandas reais nos setores agropecuário, energético, industrial e doméstico, esse entendimento é imprescindível na gestão de fluxos hídricos de uma região. De acordo com Aldaya *et al.* (2010), essa é uma informação relevante não apenas para os consumidores, mas também para comerciantes e empresas que fazem parte da cadeia produtiva de bens e serviços, pois o consumo de água se dá em todos os níveis de produção.

Além do exposto, não se pode desconsiderar a água estática que naturalmente integra os ecossistemas, pois este volume deve ser preservado em quantidade e qualidade afim de manter o equilíbrio ambiental, ou seja ele não deve ser contabilizado na dinâmica de fluxos de consumo da cadeia de produção. Nesse contexto, é fundamental o estabelecimento de um parâmetro quantificador de vazão hídrica, para aferir os fluxos de entrada e saída de água de uma determinada região.

Sob esse aspecto, o conceito de Pegada Hídrica (PH) tem sido usado com ampla frequência como indicador do consumo de água de pessoas e produtos em diversas partes do mundo (VAN OEL *et al.*, 2009; ZHAO *et al.*, 2009; ROMAGUERA *et al.*, 2010; FENG *et al.*, 2011).

A Pegada Hídrica é um indicador do uso da água que analisa seu uso de forma direta e indireta, tanto do consumidor quanto do produtor, ou seja, mede e analisa a quantidade de água gasta para fabricar um produto, além de aferir o consumo individual das pessoas em todo o mundo. Assim, a Pegada Hídrica (PH) pode ser um parâmetro indicador de sustentabilidade, ou, em termos gerais, pode ser considerada como um indicador abrangente da apropriação de recursos hídricos.

Dentro desta temática, a importância do presente trabalho reside no estudo de uma bacia hidrográfica completamente inserida na região do semiárido piauiense, e que, como todo o semiárido brasileiro tem seus conflitos por falta d'água. Assim, serão analisadas as disponibilidades e demandas hídricas da referida bacia, usando a Pegada Hídrica (PH) regional como instrumento de medição e análise.

Outro aspecto importante a considerar, é a relação direta entre a Pegada Hídrica (PH) e os hábitos de vida das populações, principalmente os hábitos alimentares. A Pegada Hídrica (PH) de um indivíduo representa o volume total de água doce que é utilizado para produzir os bens e serviços consumidos pelo indivíduo ao longo da sua existência, assim, evidentemente, fica definido que o

padrão de vida que cada indivíduo ostenta, está diretamente relacionado à quantidade de água consumida.

A alimentação, principalmente à base de carne vermelha, e o poder aquisitivo são parâmetros que pesam bastante na determinação da pegada de água de um indivíduo, sob esse aspecto Maia *et al.* (2012), citam que evitar o desperdício e reavaliar as próprias ações e costumes pode minimizar os problemas relativos à falta d'água. Dessa forma, optar por uma alimentação mais saudável e um estilo de vida sustentável pode ser também mais uma alternativa para minimizar os problemas relativos à escassez de água. Assim, nesse contexto, serão discutidas as relações existentes entre a Pegada Hídrica (PH), e os índices de desenvolvimentos sociais importantes para a região em estudo.

### **1.1 Objetivo geral**

Fazer um estudo de análise socioambiental da bacia hidrográfica do rio Guaribas, para os anos de 2000 a 2010, destacando seus recursos hídricos, no contexto disponibilidades e demandas, e seus índices de desenvolvimentos, contextualizando estes índices em função da pegada hídrica (PH) local.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Determinar a pegada hídrica *per capita* municipal e regional da bacia hidrográfica do rio Guaribas;
- Avaliar e discutir a água para consumo humano da referida bacia e seus municípios, e comparar com outros municípios nacionais;
- Avaliar e discutir a relação da pegada hídrica regional com os índices sociais locais;
- Discutir o consumo regional da água: alimento, industrial e doméstico.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Desde os primórdios da civilização, a história do homem no mundo sempre esteve pautada na luta pela sobrevivência. Ele sempre desenvolveu, ao longo de sua existência, diversas atividades para sobreviver, suas necessidades, porém, se diversificaram com o tempo, tornaram-se maiores, mais complexas e urgentes, assim a exploração dos recursos da natureza evoluiu com a história do homem sobre a face da terra.

Os problemas ambientais produzidos pelas atividades antrópicas, em geral, sempre decorreram por conta da dependência do homem frente à natureza, pois é dela que, direta ou indiretamente, vem todos os recursos necessários à sua sobrevivência.

Historicamente os recursos naturais sempre existiram em níveis dimensionais, mas as contínuas ações exploradoras desenvolvidas sobre os mesmos, leva a um pensamento de infinidade desses recursos, esse fato está degradando os ambientes e esgotando o planeta, promovendo a escassez de água, e aumentando muito a geração de resíduos em todo o mundo.

O rápido crescimento da população mundial aliado ao grande consumo das diversas formas de energia nas últimas décadas, promoveu mudanças na forma do uso e exploração dos recursos naturais na terra (HOEKSTRA, 2008). De fato, a intensa industrialização aliada a fatores como evolução tecnológica, crescimento populacional e o aumento de pessoas em centros urbanos e a diversificação do consumo de bens e serviços, vem progressivamente agredindo o meio ambiente, alterando a configuração superficial da terra e esgotando os recursos naturais, promovendo insegurança e instabilidade em todo o mundo.

A questão da degradação ambiental por que passa o mundo atualmente tem sido amplamente discutida nos últimos anos, pelos governos, empresas e organizações internacionais. Essas discussões apontam para mudanças nos atuais padrões de consumo mundial, pois estes, evidentemente, se tornaram, ao longo dos anos, absolutamente insustentáveis sob o ponto de vista socioeconômico e ambiental, principalmente. É fato que não há, absolutamente, nenhuma possibilidade de mudanças nas leis que regem a natureza, daí a importância de reformulações imediatas nas práticas ambientais atuais.

## 2.1 Contextualização da questão ambiental

Historicamente as questões ambientais repercutem desde os primórdios do homem na terra, quando este se estabeleceu como dependente dos recursos existentes na natureza, sua fonte de sobrevivência. A partir do século dezoito, com o advento da revolução industrial, a humanidade vem evoluindo tecnologicamente, atingindo atualmente o seu mais alto nível de desenvolvimento tecnológico, assim, nessa condição, ela tenta dominar as formas de produção e controlar as reservas mundiais, o que pode levar o homem à extinção.

Com a crescente intensificação das atividades humanas, o ritmo das mudanças acelerou e a escalada do progresso técnico humano pode ser medida pelo seu poder de domínio e transformação da natureza, assim quanto mais rápido o desenvolvimento tecnológico, maior o ritmo das alterações provocadas no meio ambiente. Cada nova fonte de energia dominada pelo homem produz determinado tipo de desequilíbrio ambiental e de poluição.

A questão ambiental, discutida em todos os âmbitos das sociedades, deve interessar a todos, uma vez que as constantes mudanças impostas aos ambientes podem trazer consequências positivas ou negativas à qualidade de vida dos povos. Nesse contexto, a percepção social desse risco, imposto à humanidade, cria a condição necessária para a discussão universal sobre o destino ambiental do nosso planeta, é uma questão que deve ter, emergencialmente, prioridade absoluta no texto da ordem geral, a nova ordem mundial.

Segundo Almeida *et al.* (2002), a crise ambiental por que passa o mundo tem raiz antrópica e proporções gigantescas, nada comparáveis às crises naturais primitivas ou até mesmo às pré-industriais. Dessa forma, a palavra de ordem mundial coloca o homem como agente central nas questões ambientais, assim, deve chamá-lo à moderação quanto à forma e função no trato com a natureza, sob pena do déficit ambiental atingir o valor da extinção do próprio homem.

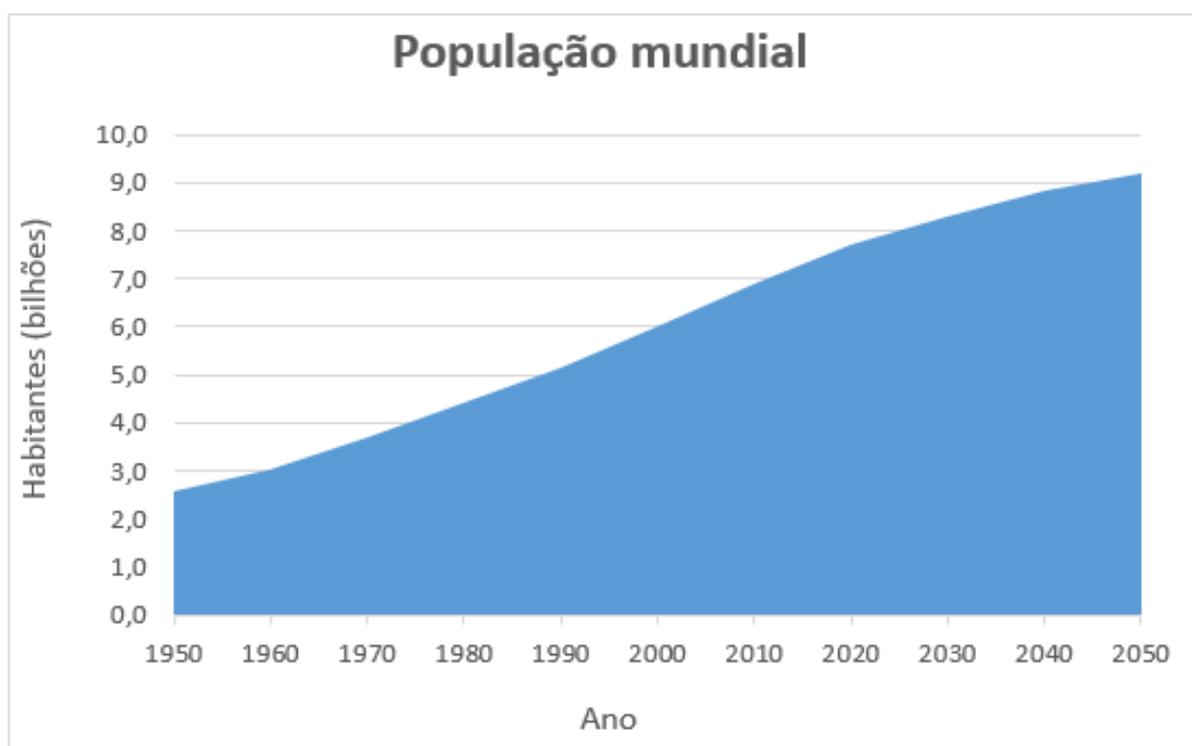
As profundas alterações causadas na estrutura e função dos sistemas naturais da Terra representam uma ameaça crescente para a vida em geral no nosso planeta. A insustentável exploração dos recursos naturais e humanos promoveu o florescimento das civilizações, mas agora, por conta das degradações,

a vida corre o risco de não poder contar com o apoio da natureza, a médio e longo prazo.

As alterações ambientais ocorridas no planeta ao longo dos anos são bastante diversificadas e comprometedoras, sobretudo do ponto de vista da sustentabilidade e da vida em geral. As mudanças climáticas, a acidificação dos oceanos, a degradação dos solos, a escassez de água, a perda de biodiversidade, o aumento de resíduos inclusive nucleares, a redução das florestas e a poluição dos rios, as secas mais longas em várias partes do mundo, enfim, tudo isso representa um sério desafio para a humanidade.

Estas tendências, que são de grande impacto, são implantadas, sobretudo, pelo estabelecimento do capitalismo dominante, cuja prática do padrão de consumo dos recursos naturais é altamente predatória. Aliado a este fato, ainda tem o agravante do crescimento populacional, que de acordo com os especialistas deve atingir os 8,3 bilhões de habitantes no ano de 2030 (Figura 1), sendo que o Brasil terá 223 milhões de habitantes nesse mesmo período (CARTACAPITAL, 2015).

**Figura 1 - Projeção da população mundial em bilhões de habitantes**



**Fonte:** Cartacapital, (2015), adaptado pelo Autor, (2016).

No contexto, esse agravante quadro socioambiental que se instalou no mundo nas últimas décadas do século vinte, vem causando muitas e crescentes inquietação por se tratar de uma questão muito preocupante em todos os níveis de vida dos povos, pois historicamente, segundo Dias (2002), a forma irracional adotada na busca do desenvolvimento socioeconômico vem causando danos alarmantes não só ao meio ambiente, mas também à humanidade como um todo.

A partir do início dos anos setenta os problemas relativos ao meio ambiente passaram a ser discutidos mundialmente entre autoridades governamentais de vários países, mas de acordo com Leff (2001), a crise ambiental se evidenciou mais propriamente a partir do século vinte, consequência da irracionalidade ecológica dos padrões dominantes de produção e consumo. Assim, inicia-se a demarcação dos limites do crescimento econômico e a discussão teórico-política em prol da valorização da natureza, promovendo, nesse discurso, a agregação dos recursos socioambientais ao sistema econômico.

Nesse contexto, dois eventos foram significativos para a atenção aos problemas ambientais, a reunião do Clube de Roma (1968) e a Conferência de Estocolmo (1972), eles deram dimensão global à discussão do meio ambiente (REIGOTA, 2007).

O Clube de Roma formou-se em 1968, quando inúmeros especialistas de diversas áreas se reuniram em Roma para discutir os problemas ambientais e o futuro da humanidade. As discussões trataram do crescimento demográfico e econômico, resultando na elaboração de um relatório que alertava para os prováveis riscos decorrentes do consumo dos recursos naturais, em função dos modelos de desenvolvimento econômico adotados pela sociedade.

A Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente, realizada em 1972 em Estocolmo, foi responsável pela elaboração do plano de ação mundial para orientação dos governos em relação às questões ambientais, resultando em um programa internacional de educação ambiental. A declaração de Estocolmo exerceu grande influência em todos os outros documentos sobre o meio ambiente, a partir de então.

Em seguida, a Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura - UNESCO em 1975 promoveu o encontro internacional sobre a educação ambiental em Belgrado, com a elaboração da Carta de Belgrado. O evento focou a

importância de uma política de educação ambiental de alcance regional e internacional, cujos objetivos definidos foram: conscientização, conhecimentos, comportamento, competência, capacidade de avaliação e participação. Além disso, a Carta de Belgrado recomenda que a educação ambiental seja organizada como educação formal e que tenha caráter interdisciplinar.

Em Tbilisi, na Geórgia, foi realizado em 1977 a Conferência Intergovernamental sobre educação ambiental, organizada, também, pela UNESCO em cooperação com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA, onde foram estabelecidos os princípios, objetivos, estratégias e recomendações para a educação ambiental.

Em Moscou, no ano de 1987, houve o Congresso Internacional sobre Educação e Formação Ambiental, organizado pelo PNUMA/UNESCO, objetivando avaliar o desenvolvimento da educação ambiental desde a Conferência de Tbilisi, e discutindo também, nesse momento, o planejamento para as próximas décadas.

Na ECO - 92 - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, na qual participaram cento e setenta países, também foi elaborada a Agenda-21, que é um programa global que visa regulamentar o processo de desenvolvimento com base nos princípios da sustentabilidade (LEFF, 2001).

A Agenda 21 constitui um plano global de ação estratégica, que regulamentou o mais ousado e abrangente padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. Assim, estabeleceu parcerias entre governos e sociedades, ou seja, um programa estratégico, universal, para se alcançar o desenvolvimento sustentável nos próximos séculos.

Dessa forma, a implantação da Agenda 21 pode proporcionar um meio ambiente equilibrado para as futuras gerações. A construção e implementação de alguns processos da Agenda 21 têm o intuito de sensibilizar a população através da educação ambiental, transformando e impulsionando as políticas públicas ambientais, levando-se em consideração as demandas populares pela equidade de um desenvolvimento social, econômico e ambientalmente saudável.

Pelo exposto, a nova sociedade deve se conduzir, racional e ambientalmente, sob uma nova postura em que a humanidade antes de transformar se reorienta ao um novo progresso científico e tecnológico. Dessa forma, as atitudes sobre o meio

ambiente devem ser vinculadas diretamente ao diálogo entre os saberes, às participações e aos valores éticos, buscando a essência do fortalecimento das relações benéficas entre a sociedade e a natureza.

O conhecimento científico e tecnológico deve realinhar-se em função da crise mundial, exigindo a construção do conhecimento por meio da educação ambiental, onde práticas produtivas e atividades políticas intervenham positivamente na boa educação, a fim de que se estabeleçam relações sustentáveis entre o homem e a natureza (MARACAJÁ, 2013).

É imprescindível que a interdisciplinaridade seja finalmente percebida como um processo colegiado, e que, portanto, os problemas sejam solucionados entre os povos, com participação efetiva e comprometida com o bem-estar futuro. Assim, o processo de conscientização acerca das questões sociais, econômicas e ambientais, será implementado com o envolvimento e a participação das pessoas, que por meio de ações responsáveis, decidirão corretamente, de forma coletiva, para a solução dos problemas ambientais.

## **2.2 Questão ambiental e urbanização**

Em outra forma de abordagem, as questões ambientais, que muito preocupam na atualidade, como citado, estão em plena evidência em todo o mundo, não só pelo status agravante atual como também pela dinâmica do crescimento. Na condição de que as pessoas são os agentes causadores diretos do desequilíbrio ambiental, o impacto destes é exponencialmente proporcional ao número de indivíduos no planeta, o que incondicionalmente coloca o fator do crescimento populacional como o maior problema relativo às questões ambientais em todo o mundo.

Nesse contexto, é fundamental a colocação de Ross (2003), quando diz que a velocidade com que o homem se multiplica, aliada à capacidade de transformar o ambiente através de tecnologias sempre inovadoras e às formas de gerir os recursos, parecem escapar à possibilidade de previsão e controle do próprio homem.

Assim, relativamente ao crescimento, de acordo com Santos (2008), as questões ambientais têm estreita relação com o processo de urbanização, onde o

aumento populacional, incrementado com o êxodo rural, define as condições de ordem para as relações entre o homem e o meio ambiente.

A medida que a população cresce e as manchas urbanas aumentam desordenadamente e sem planejamento, com novas áreas sendo ocupadas a cada dia, este desenvolvimento geralmente significa aumento da impermeabilização do solo pela pavimentação das ruas e lotes, construção de moradias e outras obras de infraestrutura. Na mesma proporção crescem em significância os aspectos ambientais relacionados a geração de esgotos domésticos, efluentes industriais, resíduos sólidos urbanos e industriais, e a emissão de poluentes atmosféricos (FINOTTI *et al.*, 2009.)

O homem como principal elemento componente de todo o sistema ambiental, além de dirigir e determinar as ações que norteiam o equilíbrio, ou desequilíbrio, do meio ambiente, tem a capacidade de se multiplicar exponencialmente. Ele atua nos meios urbanos e rurais transformando suas paisagens e utilizando-os como fonte de matéria e energia necessárias à sua vida, ou como receptor de seus produtos e resíduos.

Em via de regra geral, os problemas ambientais se manifestam mais nas grandes cidades, em comparação às pequenas ou ao meio rural. A metrópole, grande aglomeração social na qual uma cidade central polariza (política, econômica e culturalmente) uma ampla região constituída de várias outras cidades, é o maior exemplo do poder do homem de transformar o ambiente natural.

O crescimento das cidades e a importância que elas passaram a ter como ambientes sociais, praticamente se consolidaram com o surgimento da indústria como atividade essencialmente urbana. Assim, começa o esforço do homem em adaptar uma parcela do espaço natural às suas novas necessidades de conforto, segurança, convivência social e intercâmbio de mercadorias e serviços.

Dessa forma, de acordo com Santos (2008), as cidades passam a ser um “produto social” e o ambiente urbano passivo de transformações, cuja exploração gera investimentos que promovem o crescimento econômico e a exclusão social. Assim, as cidades podem ser vistas como “complexos dinâmicos” gerados pelo processo de urbanização, portanto, podem ser consideradas como associações de sistemas sujeitos a mudanças e transformações impostas pelo homem e suas atividades.

Nos chamados centros urbanos, principalmente nas grandes cidades, são bastante diversificados os desafios ambientais, os quais se tornam fatores de risco socioambientais quando são ignorados pela sociedade ou pelo poder público. Dentre outros, podem ser citados:

- Solução do problema das ocupações em áreas de risco ambiental;
- Relocação de moradias sempre que necessário;
- Fornecimento de água tratada à população integral;
- Coleta e tratamento pleno de todo o esgoto produzido;
- Coleta, tratamento e destinação final adequada dos resíduos sólidos, em toda sua totalidade;
- Implantação dos sistemas completos de drenagem pluvial urbana;
- Controle de emissões locais;
- Implantação dos sistemas estruturantes de mobilidade urbana.

Outro aspecto fundamental a ser integrado, incondicionalmente, ao desenvolvimento de roteiros metodológicos para a revisão e implementação dos planos diretores municipais, é a observância dos zoneamentos ambientais prévios, como plataformas de planejamento, que resgatem e incorporem a visão ecossistêmica nos sistemas naturais heterotróficos urbanos.

Em outra linha de pensamento relativo ao processo de urbanização, dentro de uma visão otimista e principalmente sob o ponto de vista econômico, pode-se dizer que o desenvolvimento urbano é um processo que se pressupõe gerador de riqueza e de bem-estar para as populações. Essa visão social perdurou até os anos pré-industriais quando ainda não se percebia o impacto ambiental e social desse processo na vida das pessoas e no meio ambiente.

A grande revolução industrial, iniciada na Inglaterra no século dezoito, foi um marco importante na intensificação dos problemas ambientais. Logo atingiu vários espaços pelo planeta, promovendo o crescimento econômico e as perspectivas de riqueza com prosperidade e qualidade de vida, acompanhados de um grande uso de energia e de recursos naturais, provocando a degradação ambiental em demasia. Vários problemas ambientais vieram com a urbanização tais como: concentração

populacional; consumo excessivo de recursos renováveis e não renováveis; contaminação da águas, solo e ar; desmatamentos, entre outros.

Segundo Dias (2006), a urbanização foi um dos mais importantes subprodutos da Revolução Industrial e criou um ambiente sem precedentes nas cidades. Por volta de 1850, havia mais cidadãos britânicos morando em cidades do que no campo, e quase um terço da população total vivia em cidades com mais de 50.000 habitantes. Essas cidades eram cobertas de fumaça e impregnadas de imundice, e os serviços públicos básicos como o abastecimento de água, esgoto sanitários, espaços abertos, etc., não acompanhavam a migração maciça de pessoas.

Em linhas gerais, é evidente que o processo de urbanização se intensificou com a expansão das atividades industriais, fato que atraiu, e continua atraindo, milhões de pessoas para as cidades. Esse fenômeno provocou mudanças drásticas na natureza, desencadeando diversos problemas ambientais, como poluições, desmatamento, redução da biodiversidade, mudanças climáticas, produção de lixo e de esgoto, entre outros. No Brasil o processo de urbanização se deu de forma acelerada, superando até mesmo os países desenvolvidos, quanto à velocidade de evolução do processo (UNITED NATIONS, 2012).

A urbanização brasileira se intensifica, mais precisamente, a partir dos anos 1950, quando as cidades com mais de 20 mil habitantes passam de 15% em 1940, para aproximadamente 30% em 1960, dentro do contexto nacional (SANTOS, 2008).

Em verdade, o censo populacional de 1970 registrou pela primeira vez que, durante os anos sessenta, a população urbana brasileira tinha superado a população rural. Do ponto de vista histórico, trata-se de um fenômeno recente, todavia, neste curto espaço de tempo, a segunda metade do século passado, a população urbana passou de 19 milhões para 138 milhões, com uma taxa de crescimento média anual de 4,1%. A cada ano no Brasil, em média, foram acrescentados 2.378.291 habitantes às cidades, fazendo com que a população urbana brasileira, em meio século, apenas, aumentasse 7,3 vezes (BRITO; PINHO, 2012).

Em termos nacionais, ao longo do século, mas, sobretudo, nos períodos mais recentes, o processo brasileiro de urbanização apresenta relações com os conflitos sociais que promovem a pobreza, a exclusão social e, por conseguinte, a

degradação ambiental, assim, o meio de todo o problema passa a ser, cada vez mais, a cidade, sobretudo a grande cidade (SANTOS, 2008).

Assim, na visão do autor, esse fato correspondente ao que pode se referir como organização ou desorganização urbana, ou seja, à proporção que as cidades crescem, exigem mais infraestrutura e espaço planejado, dessa forma o crescimento desordenado contribui para a transformação das cidades em centros de conflito, pobreza e degradação.

As questões ambientais urbanas sempre existiram em todo o mundo, no Brasil elas têm uma conotação semelhante aos outros países no tocante aos fatores que influenciam ou determinam suas vertentes de aparição e evolução. O ambiente urbano é formado por dois sistemas: o “sistema natural”, composto do meio físico e biológico (solo, vegetação, animais, água, etc.) e o “sistema antrópico”, consistindo do homem e de suas atividades (MOTA, 2003). As condições de existência e manutenção de cada um desses sistemas são relativas, eles se relacionam entre si e com o meio extra urbano, é dessas relações que dependem o estabelecimento e o equilíbrio de ambos.

Em um processo contínuo, o crescimento populacional promove a “urbanização”, mas não ocorre linearmente, o que seria favorável a um crescimento uniforme do processo de urbanização. Não existe uniformidade no crescimento populacional quando se analisa cidades distintas, cada uma tem sua própria dinâmica e seus próprios fatores de crescimento, os efeitos, entretanto, são basicamente comuns a todas elas, à proporção que a população urbana aumenta, também aumentam os problemas urbanos. A falta de saneamento básico passou a ser um dos problemas mais comprometedores da estabilidade social (FEIJÃO NETO, 2010).

O crescente processo de urbanização sem o devido acompanhamento de infra-estrutura contribui para a falta de elementos essenciais à população como água, energia, habitação, segurança, educação, etc. Tudo isso ocorre com o incremento de outros fatores que degradam o ambiente urbano comprometendo a qualidade de vida da população. A população de uma cidade é, portanto, um parâmetro condicionante na determinação dos problemas ambientais urbanos, e o seu aumento tem uma relação direta com o agravamento desses problemas (FEIJÃO NETO, 2010).

Dessa forma, a expansão da rede urbana sem o devido planejamento ocasiona a ocupação de áreas inadequadas para a moradia. Encostas de morros, áreas de preservação permanente, planícies de inundação e áreas próximas a rios são loteadas e ocupadas. Os resultados são catastróficos, como o deslizamento de encostas, ocasionando a destruição de casas e um grande número de vítimas fatais.

A compactação do solo e o asfaltamento, muito comuns nas cidades, dificultam a infiltração da água, visto que o solo fica impermeabilizado. Assim, o abastecimento do lençol freático fica prejudicado, reduzindo a quantidade de água subterrânea. Outro fator agravante dessa medida é o aumento do escoamento superficial, podendo gerar grandes alagamentos nas áreas mais baixas.

Outro problema ambiental urbano preocupante é o lixo. O aumento populacional causa uma maior produção de lixo, especialmente no atual modelo de produção e consumo. A coleta, destino e tratamento do lixo são questões a serem solucionadas por várias cidades. Em muitos locais, o lixo é despejado nos chamados lixões, locais sem estrutura para o tratamento dos resíduos. As consequências são: odor fétido atmosférico, proliferação de doenças, contaminação do solo e do lençol freático pelo chorume, etc.

O déficit nos serviços de saneamento básico contribui para o cenário de degradação ambiental. A quantidade de esgoto doméstico e industrial lançado nos rios sem o devido tratamento é imensa. Esse fenômeno reduz a qualidade das águas, gerando a mortandade de espécies aquáticas e a redução do uso dessa água para o consumo humano.

Nos grandes centros industrializados, os problemas ambientais são mais alarmantes. Nesses locais, a emissão de gases dos automóveis e das fábricas polui a atmosfera e retém calor, intensificando o efeito estufa. Com isso, vários transtornos são gerados à população: doenças respiratórias, chuvas ácidas, inversão térmica, ilhas de calor, etc.

A poluição sonora e a visual também geram transtornos para a população. Os ruídos ensurdecedores e o excesso de elementos destinados à comunicação visual espalhados pelas cidades (cartazes, banners, placas, outdoors, fios elétricos, pichações, etc.) afetam a saúde dos habitantes.

Portanto, diante desse cenário de diferentes problemas ambientais urbanos, surge a necessidade da elaboração e aplicação de políticas ambientais eficazes,

além da conscientização da população. Entre as medidas mais urgentes a serem tomadas estão a redução da produção do lixo, com reciclagem e tratamento adequado (incineração ou compostagem), o saneamento ambiental, o planejamento urbano, a educação ambiental, a redução da emissão de gases poluentes, entre outras.

### **2.3 O crescimento urbano no Brasil**

Urbanização é o aumento proporcional da população urbana em relação à população rural. Segundo esse conceito, só ocorre urbanização quando o crescimento da população urbana é superior ao crescimento da população rural (MIRANDA, 2006).

Um outro sentido atribuído à urbanização envolve o crescimento da população das cidades, acontecendo em um ritmo superior ao da população rural. É na expansão do modo de vida urbano que podemos localizar importantes elementos para a análise do processo de urbanização no momento presente.

O processo do crescimento urbano brasileiro é bem peculiar quando comparado aos países de primeiro mundo, no que diz respeito à velocidade de evolução. No Brasil, setenta anos foram suficientes para alterar os índices de população rural e os de população urbana. Para a urbanização de um país, esse tempo é muito curto e um rápido crescimento urbano não ocorre sem o surgimento de graves problemas, principalmente os problemas socioambientais.

Segundo Miranda (2006), a urbanização brasileira difere da europeia pela rapidez do seu crescimento. Na Europa o processo de urbanização é mais antigo. Com exceção da Inglaterra, único país que se tornou urbanizado na primeira metade do século dezanove, a maioria dos países europeus se tornou urbanizada entre a segunda metade do século dezanove e a primeira metade do século vinte. Além disso, nesses países a urbanização foi menos intensa, menos volumosa e acompanhada pela oferta de empregos urbanos, moradias, escolas, saneamento básico, etc.

Até poucas décadas atrás, o Brasil era um país de economia agrária e população majoritariamente rural, hoje de cada 100 brasileiros, aproximadamente 78 vivem em cidades. Apesar do ritmo da urbanização estar declinando em nosso país,

ainda ocorre transferência de população do meio rural para o meio urbano. A concentração de pessoas em centros urbanos traz uma série de implicações, dessa forma, notadamente os grandes centros urbanos brasileiros convivem com uma série de problemas, tanto socioculturais como ambientais e econômicos.

Somente na segunda metade do século vinte, o Brasil tornou-se um país urbano, ou seja, mais de 50% de sua população passou a residir nas cidades. A partir da década de 1950, o processo de urbanização no Brasil tornou-se cada vez mais acelerado. Isso se deve, sobretudo, à intensificação do processo de industrialização brasileiro ocorrido a partir de 1956, sendo esta a principal consequência, entre uma série de outras, da "política desenvolvimentista" do governo Juscelino Kubitschek, segundo Brito e Pinho (2012).

Nos últimos 100 anos a população brasileira teve um acréscimo de 180 milhões de habitantes aproximadamente, passando de 25 para 205 milhões de habitantes; um aumento de 820%. Comparativamente, a população da Índia, o segundo país mais populoso do mundo, cresceu de 260 milhões em 1910 para 1.170 milhões em 2010 - um incremento de 450% em um mesmo espaço de tempo, 100 anos. Estas estatísticas mostram o quanto aumentou o número de brasileiros, mesmo em comparação com países de alta densidade populacional. O fenômeno do rápido aumento da população é relativamente recente na história da humanidade, ocorreu e ocorre principalmente em países pobres ou em desenvolvimento, apresentando algumas características comuns a todos (ROSE, 2016).

Historicamente pode se constatar que o processo de urbanização evolui por vários fatores, um dos quais diz respeito ao aumento populacional, principalmente nas áreas urbanas. A emigração rural e a falta de controle de natalidade são fatores que promovem o aumento populacional nos meios urbanos.

Nas últimas décadas cresceu muito a concentração populacional nas áreas urbanas em todo o mundo, aqui no Brasil, esse fenômeno se tornou mais acentuado na década de 1960.

Segundo as estatísticas, a década de 1970 é o divisor de águas em termos populacionais no Brasil. Até esse período a população rural, em termos absolutos, crescia e era majoritária no país, ao passo que a urbana aumentava, porém ainda em menor número. Foi nesse período que a população urbana passou a ser maior que a rural, e esta passou a diminuir inclusive em termos absolutos (até 1970 a

população rural decrescia relativamente). Esse processo está intrinsecamente ligado à Revolução Verde, ou seja, a importação do pacote tecnológico dos países desenvolvidos, cuja base era a mecanização, a adubação química e o cultivo com agrotóxicos, que reduziu drasticamente o emprego agrícola.

Fazendo-se uma análise na evolução das populações urbana, rural e total, do Brasil, de 1940 a 2010, observa-se que a população residente nos centros urbanos aumentou consideravelmente. Até 1960, era maior o percentual da população rural, mas na década seguinte a este ano, houve a inversão e em 1970, a população urbana já somava 55,98% do total. O Censo de 1991 revelou que 75,47% da população brasileira residia nas áreas urbanas e somente 24,53% morava no campo. No ano de 2010 os dados mostram os valores de 84,36% e 15,64% para as populações urbana e rural, respectivamente.

**Tabela 1 - População urbana, rural e total do Brasil (1940 a 2010)**

Ano	População urbana		População rural		População total
	Nº hab	%	Nº hab	%	
1940	12.280.182	30,22	28.356.133	69,78	40.636.315
1950	18.782.891	36,16	33.161.506	63,84	51.944.397
1960	32.004.817	45,08	38.987.526	54,92	70.992.343
1970	52.904.744	55,98	41.603.839	44,02	94.508.583
1980	82.013.375	67,70	39.137.198	32,30	121.150.573
1991	110.875.826	75,47	36.041.633	24,53	146.917.459
2000	137.755.550	81,23	31.835.143	18,77	169.590.693
2010	160.925.792	84,36	29.830.007	15,64	190.755.799

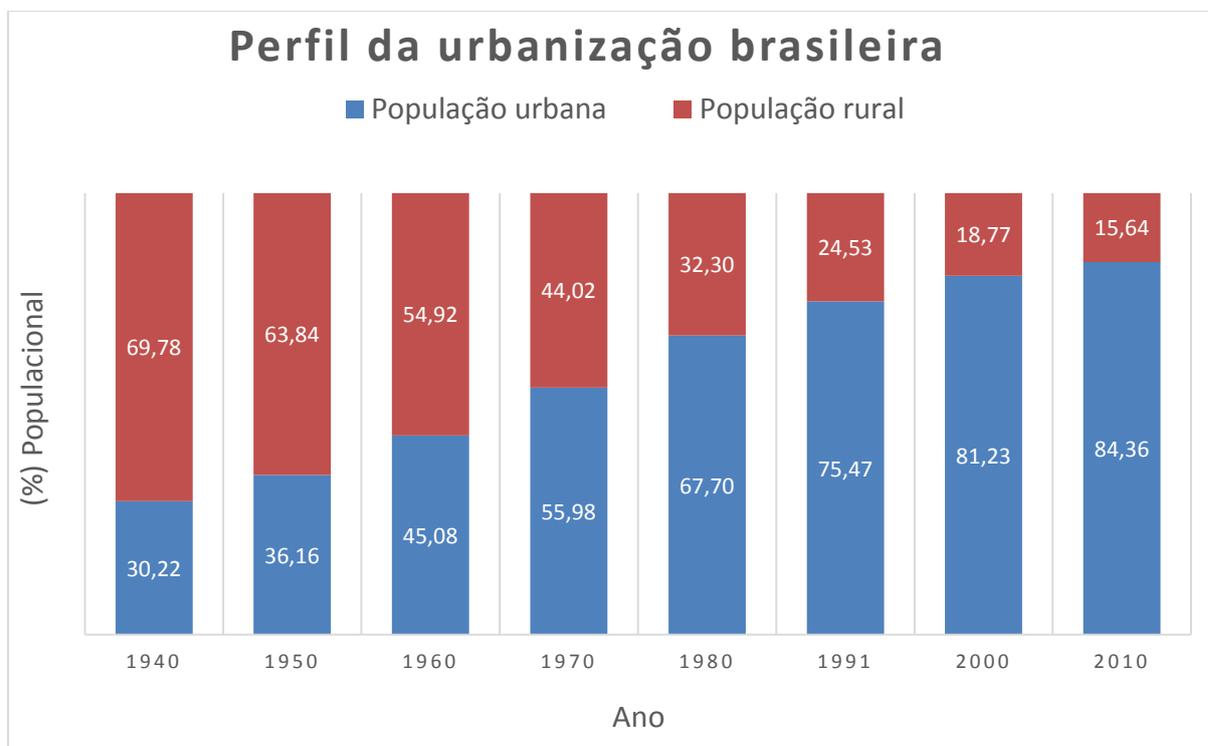
**Fonte:** IBGE, (1993). Censo Demográfico 1940 / 2010. Até 1991, dados extraídos de Estatísticas do Século XX, Rio de Janeiro: IBGE, (2007) no Anuário Estatístico do Brasil, 1993, vol. 53, (1993).

Como se verifica na Tabela 1, no período de 1940 a 2010 a população urbana brasileira se multiplicou por treze vezes, enquanto que a população rural praticamente permaneceu a mesma, crescendo apenas 5,20% no mesmo período.

Em detalhes, o perfil ilustrativo da população total brasileira plotado em colunas, a partir da Tabela 1, conforme ilustrado na Figura 2, mostra que a população urbana do Brasil cresce acentuadamente de 1940 até o ano de 2000, quando a partir de então começa a tendência à estabilidade, mas ainda assim

continua a crescer até o ano de 2010, quando então se apresenta com quase 85% da população total.

**Figura 2 - População urbana, rural e total do Brasil (1940 a 2010)**



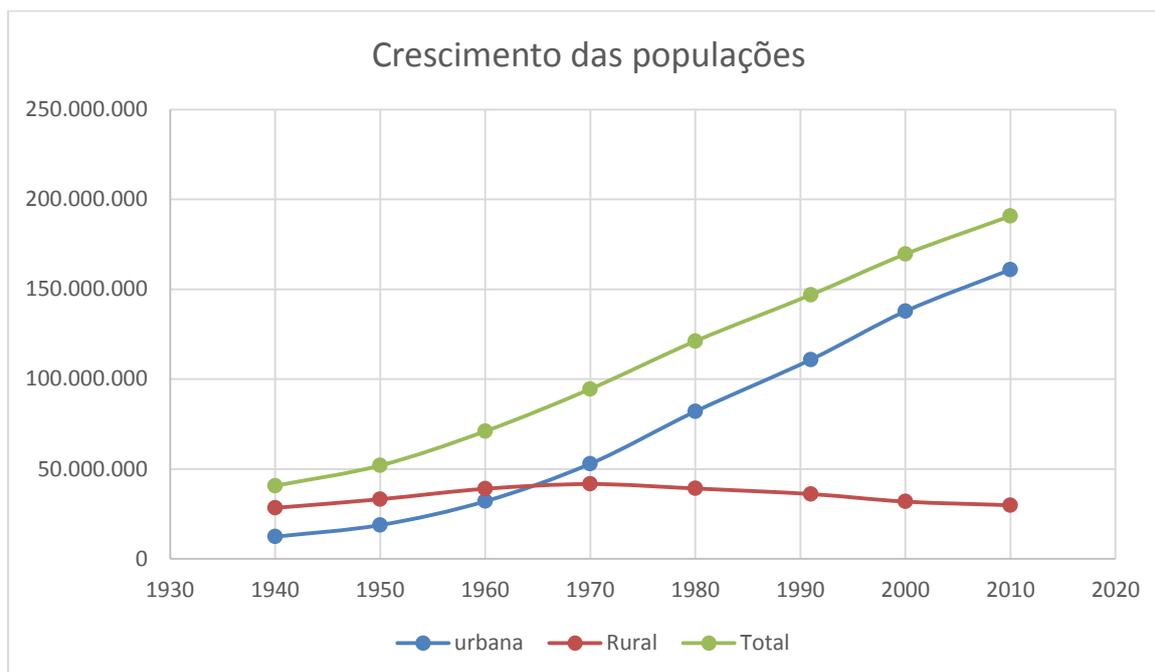
**Fonte:** O Autor, (2016).

A dispersão linear da tabela 1, quanto ao perfil das populações urbana, rural e total do Brasil entre 1940 e 2010, ajuda na análise de comportamentos tendenciosos desses três parâmetros de forma relativa e absoluta, dentro do contexto geral. Conforme a dispersão linear ilustrada na figura 3, a partir de 1940 a população rural cresce moderadamente até 1970, quando atinge seu máximo, 41.603.839 habitantes, daí começa a decrescer, também de forma moderada, até o ano de 2010, mostrando, a partir do ano 2000, uma sensível tendência à estabilidade neste início do século vinte e um, porém ainda em suave decréscimo nesta fase.

Dessa forma, a análise da dinâmica do crescimento populacional do Brasil no período de 1940 a 2010, mostra que enquanto se invertiam os índices de rural para urbano, o que aconteceu na metade da década de 60, a população urbana crescia paralelamente à população total, praticamente com o mesmo índice relativo de crescimento que esta (Figura 3). Assim, o acelerado crescimento das populações

total e urbana do Brasil neste período, se evidenciam com taxas de crescimento semelhantes, mas de naturezas diferentes. Ainda, quanto ao aumento da população urbana neste mesmo período, deve-se computar os complementos devidos à natalidade urbana e a emigração dos campos para as cidades.

**Figura 3 - Crescimento das populações urbana, rural e total do Brasil**



**Fonte:** O Autor, (2016).

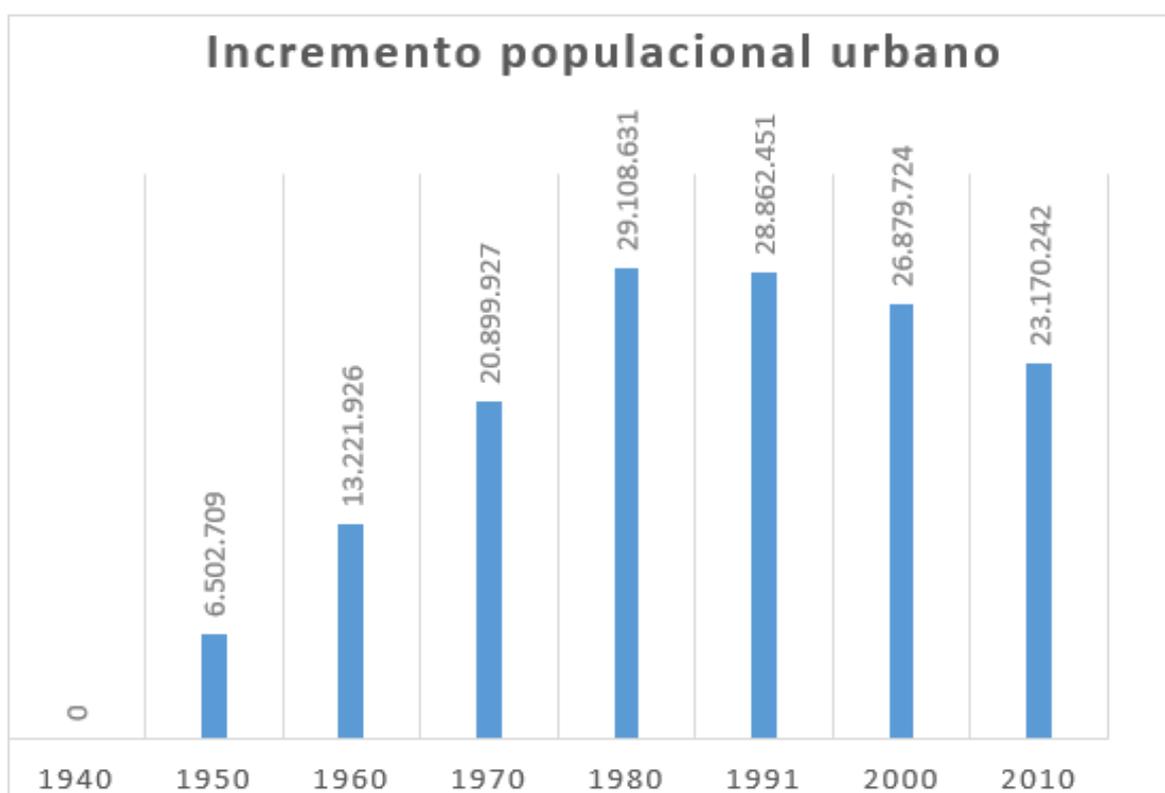
Ainda, nesta mesma linha de análise, e por questão de ordem de valores, é pertinente referenciar o fator de acréscimo da população urbana brasileira no período citado. Neste contexto, a população urbana brasileira durante o período de 1950 a 2010, teve um adicional bastante significativo em todos os estados da federação, com uma média de incremento nacional na ordem de 21.235.087 habitantes na segunda metade do século vinte (Tabela 2). O maior incremento, conforme o gráfico da figura 4, ocorreu no ano de 1980 com um adicional de 29.108.631 habitantes. Ao final desse período, no ano de 2010, foi acrescido à população urbana brasileira um montante de 148.645.610 novos habitantes, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Incremento da população brasileira (1950 a 2010)

Período	População		Taxa	Incremento
	Total	Urbana		
1940	40.636.315	12.280.182	30,22	x
1950	51.944.397	18.782.891	36,16	6.502.709
1960	70.992.343	32.004.817	45,08	13.221.926
1970	94.508.583	52.904.744	55,98	20.899.927
1980	121.150.573	82.013.375	67,70	29.108.631
1991	146.917.459	110.875.826	75,47	28.862.451
2000	169.590.693	137.755.550	81,23	26.879.724
2010	190.755.799	160.925.792	84,36	23.170.242
<b>Total incrementado</b>				<b>148.645.610</b>

Fonte: O Autor, (2016).

Figura 4 - Adicional da população urbana brasileira (1950 a 2010)



Fonte: O Autor, (2016).

Neste contexto, o êxodo rural tem sido uma constante na vida dos brasileiros do século passado em buscas de melhores condições de vida nos centros urbanos, em especial nos grandes centros. O processo de emigração rural das populações rumo às grandes cidades, aliado à falta de controle na taxa de natalidade, promove o crescimento demográfico desordenado, sem que haja, na mesma proporção, um acompanhamento de incremento das condições mínimas de infraestrutura para a população, reduzindo assim a qualidade de vida das pessoas e aumentando, intensamente, os problemas ambientais urbanos.

Fundamentalmente, é incontestável que o crescimento das cidades deveria ser acompanhado de toda infraestrutura urbana, a fim de que suas influências não se tornassem prejudiciais ao meio ambiente e aos habitantes. Infelizmente isso não ocorre, o processo de ocupação se realiza sem a devida implantação da infraestrutura necessária, o crescimento é desordenado e não considera as características dos recursos naturais do meio.

Na tentativa de sanar os problemas já estabelecidos nos meios urbanos, os planejamentos desenvolvem ações mais corretivas que preventivas no que diz respeito à administração dos espaços. De acordo com Mota (2003), mesmo as cidades planejadas como Brasília, Goiânia ou Belo Horizonte, fugiram totalmente ao controle do plano e dos planejadores.

De acordo com os especialistas, a urbanização brasileira contemporânea, com algumas exceções, tem características espontâneas e deixa a desejar em termos de planejamento. As cidades crescem e se transformam de acordo com a dinâmica populacional absoluta e independente, alheia às leis de posturas municipais e de saneamento. Esse crescimento desordenado, imposto pelo processo de urbanização contemporâneo, exige soluções para diversos tipos de problemas ambientais urbanos dentre eles: falta de condições mínimas de saneamento, ausência de serviços indispensáveis à vida das pessoas nas cidades, construções irregulares e precárias, ocupação de áreas inadequadas, destruição de valores ecológicos, poluição do meio ambiente, habitações em condições precárias e muitos outros.

Dessa forma, o crescimento populacional urbano pode ser visto como um parâmetro de majoração dos problemas socioambientais, sendo maximizado nos grandes centros urbanos, sobretudo nas grandes metrópoles.

As regiões metropolitanas atraem um imenso fluxo de materiais e produtos, destinados ao consumo e à produção. Imensos volumes de água e eletricidade, além de combustíveis, são diariamente utilizados para manter este complexo sistema de organização econômica e social em funcionamento. Todos estes insumos são transportados para dentro das regiões metropolitanas, processados e consumidos, gerando grandes quantidades de resíduos: resíduos domésticos e industriais, efluentes e esgotos domésticos, fumaça e gases de motores e de processos produtivos. Resíduos da atividade econômica somada de dezenas de milhões de pessoas; trabalhando, vivendo e consumindo.

Existem hoje no mundo 68 grandes regiões metropolitanas onde vivem cerca de 900 milhões de pessoas, reunindo uma capacidade de consumo maior do que o restante do mundo. Nestas cidades se localizam as maiores empresas e as maiores fortunas de todo o planeta. Imensas quantidades de recursos naturais fluem para estes aglomerados humanos, o que faz com que o impacto ambiental destes centros urbanos seja imenso. Especialistas preveem que a questão ambiental no século XXI passará, principalmente, pelas regiões metropolitanas (ROSE, 2016).

## **2.4 Sustentabilidade social**

A sustentabilidade tornou-se um dos assuntos mais discutidos nas últimas décadas. Com o aumento da conscientização sobre a necessidade de conservar o meio ambiente, o conceito de desenvolvimento sustentável ganhou espaço. Como consequência, outro termo também tem conquistado bastante espaço em todo o mundo, o de sustentabilidade social.

A sustentabilidade social é um dos mais importantes setores para a mudança nos panoramas da sociedade. O modo de vida pós-capitalista levou não apenas o homem, mas também o próprio espaço urbano a degradações. A desigualdade social, o uso excessivo dos recursos naturais por uma parte da população enquanto a outra cresce desmedidamente são fatores extremamente combatidos no âmbito da sustentabilidade social. Pode-se afirmar que a sociedade obedece a relações intrínsecas com todos os setores da base social (acesso à educação, desenvolvimento das técnicas industriais, econômicas e financeiras, além dos

fatores de ordem político e ambiental), então um primeiro passo que deve ser tomado para a resolução dos agravantes sociais é justamente a responsabilidade social e a agregação desses setores à sustentabilidade.

Por muito tempo, erroneamente, admitiu-se que a sustentabilidade se relacionava diretamente com o meio ambiente, apenas. Nesse propósito, as instituições de governos e empresas passaram a fomentar projetos de preservação da fauna e da flora, de reflorestamento, de proteção a espécies ameaçadas de extinção, dentre outras ações pontuais. Todas essas ações são providenciais e necessárias, no entanto, por mais que sejam válidas, não representam, em si, o conceito mais amplo do desenvolvimento sustentável.

De acordo com a literatura, o conceito de sustentabilidade foi introduzido no encontro internacional *The World Conservation Strategy* (IUCN *et al.*, 1980). A partir de então, o referido conceito passou a ser empregado com maior frequência, assumindo, inclusive dimensões econômicas, sociais e ambientais, promovendo assim, o embasamento de uma nova forma de desenvolvimento.

Dessa forma, no conceito mais amplo, a sustentabilidade social é mais estendida atualmente, abrangendo, como dito, os setores social, econômico e ambiental. Assim, nessa condição, para se desenvolver de forma sustentável, qualquer instituição deve atuar de forma que esses três setores coexistam e interajam entre si, de forma plenamente harmoniosa.

O relatório Brundtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente, da Organização das Nações Unidas, enunciou em primeira mão o termo sustentabilidade, que diz: “é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações em satisfazer suas necessidades” (WECD, 1987). O referido relatório concluiu, entre outros aspectos, que havia necessidade de mudanças de base no enfoque do desenvolvimento, já que o planeta, com todos os seus ecossistemas, estava passando por graves e irreversíveis impactos negativos.

Nesse contexto, a sustentabilidade social se refere, pois, a um processo que integra um conjunto de ações visando melhorar a qualidade de vida da população. Estas ações devem diminuir as desigualdades sociais, ampliar os direitos e garantir acesso aos serviços (educação e saúde principalmente) que visam possibilitar às pessoas acesso pleno à cidadania.

Para que esse processo ocorra, é necessário que o mais importante e o principal aconteça: o bem-estar do ser humano, fator responsável pelas demais ações que irão garantir a sustentabilidade para as futuras gerações. Dessa forma a sustentabilidade social está intimamente ligada à ideia do bem-estar, assim é possível clarear as funções dos indivíduos e das organizações promovendo a estabilidade social. Os principais benefícios disso são: garantia de autodeterminação e dos direitos humanos dos cidadãos, garantia de segurança e justiça para todos, melhoria na qualidade de vida e promoção da igualdade e de oportunidades.

A importância da sustentabilidade social, reside no fato onde as ações sustentáveis, socialmente, não são importantes apenas para as pessoas menos favorecidas, quando colocadas efetivamente em prática, possuem a capacidade de melhorar a qualidade de vida de toda população. Um exemplo prático é a diminuição da violência proporcionalmente à ampliação do sistema público educacional de qualidade. Vale lembrar, ainda, que uma população com bom nível cultural e educacional respeita mais o meio ambiente, colaborando desta forma para o desenvolvimento sustentável do planeta.

Indivíduos e instituições devem estar sempre atentos em se preocupar com a maneira como afetam e são afetados pela sociedade. Devem entender também que as ações que buscam garantir o futuro de um lugar (de um processo ou sistema) com qualidade de vida, respeito às pessoas e sua cultura, conservação do meio ambiente, manutenção da biodiversidade e adequação ao território, podem ser consideradas sustentáveis.

Neste contexto, embora o consumo de recursos naturais pareça inevitável, faz-se necessário limitá-lo. Nesta discussão, para o conceito sobre qualidade de vida, entende-se como aquele que deve abordar uma diversidade de temas específicos, entre eles: saúde, lazer, habitação, economia, pobreza, educação e tantos outros aspectos que interferem diretamente na dignidade da vida humana. Desta forma, a sustentabilidade é multidimensional, possui relações de interdependência entre as variadas dimensões, compondo um sistema complexo, no qual o ser humano está inserido.

## 2.5 Índices de sustentabilidade

Uma nova ordem mundial, acompanhada pela crescente vigilância da sociedade por meio de mecanismos de avaliação das atividades das instituições, está exigindo posturas efetivamente diferenciadas das organizações de todos os setores e esferas. Alguns desses mecanismos são os indicadores de responsabilidade social corporativa (RSC) e, mais recentemente, os indicadores de sustentabilidade, que parecem buscar respostas mais adequadas aos anseios de uma consciência social, muito assustada com o presente e o futuro do planeta (SILVA *et al.*, 2014).

O termo indicador é originário do latim *indicare*, que significa descobrir, apontar, anunciar, estimar. Segundo Hammond *et al.*, (1995), os indicadores ou índices, podem comunicar ou informar sobre o progresso em direção a uma determinada meta, como por exemplo o desenvolvimento sustentável, mas também podem ser entendidos como um recurso que deixa mais perceptível uma tendência ou fenômeno, que não seja imediatamente detectável.

Segundo a literatura, a origem do que poderiam vir a ser denominados indicadores de sustentabilidade, partiu de estudos nos campos mais propícios das disciplinas científicas de economia e ecologia. A princípio, eram definidos para justificar a análise em perspectivas macro, com foco em políticas públicas. Durante mais de uma década e meia, depois de 1972, pouquíssimos trabalhos científicos no sentido de desenvolver indicadores foram realizados. O mais importante deles surgiu em 1989, tido como o primeiro grande indicador (VEIGA, 2010), que foi o Índice de Bem-estar Econômico Sustentável de Herman E. Daly.

A determinação de um índice de sustentabilidade implica na utilização de ferramentas que quantifiquem os fenômenos mais importantes quanto às abordagens desejadas, e expliquem como é a lógica aplicada no método. Os autores ressaltam a diferença existente entre indicadores e índices, salientando que numa análise superficial os dois têm o mesmo significado. A confusão pode ser desfeita quando se caracteriza o índice como um valor agregado final que tem significado, e para o procedimento de cálculo de sua composição podem ser adotados vários indicadores.

De fato, segundo Furtado (2009), no contexto das atividades humanas, o indicador constitui elemento informativo - via de regra numérico - que expressa o resultado do desempenho em relação a determinadas questões, situações, condições ou práticas. O índice corresponde à medida resultante da combinação de diferentes indicadores ou valores, geralmente apurado após operações matemáticas.

Um dos fatores mais importantes que podem determinar a significância ou não de um índice ou indicador é a sua legitimidade perante o público usuário. Ao consolidar e mensurar as informações, o objetivo dos indicadores é ser claro, de fácil entendimento. De acordo com Bellen (2007), os indicadores são de fato um modelo da realidade, mas não podem ser considerados a própria realidade, entretanto devem ser analiticamente legítimos e construídos dentro de uma metodologia coerente de mensuração.

Alguns autores tratam o indicador como uma medida determinante que resume informações relevantes de um fenômeno particular ou de um sistema, ou ainda como sendo o indicador uma medida do comportamento do sistema, em termos de atributos expressivos e perceptíveis.

Já de acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE, um indicador deve ser entendido como um parâmetro, ou valor derivado de parâmetros, que aponta e fornece informações sobre o estado de um fenômeno com uma extensão significativa (OECD, 1993).

Segundo Gallopin (1996), os indicadores mais desejados são aqueles que resumam ou simplifiquem as informações relevantes, façam com que certos fenômenos que ocorrem na realidade se tornem mais aparentes; aspecto esse que é particularmente importante na gestão ambiental. Nessa área, especificamente, é necessário que sejam quantificadas, mensuradas e comunicadas as ações relevantes.

Nesse contexto, o objetivo principal dos indicadores é o de agregar e quantificar informações de uma maneira que sua significância fique mais aparente. Os indicadores simplificam as informações sobre fenômenos complexos tentando, com isso, melhorar o processo de comunicação.

A importância da criação de indicadores para aferir o desempenho integrado, econômico e socioambiental, reside no fato de ser o primeiro passo a ser dado por

qualquer organização ou agência de governo que se proponha a realizar ações concretas em relação ao desenvolvimento sustentável.

Dessa forma, a cobrança por sistemas de indicadores adequados vem crescendo a cada dia, tendo em vista que as organizações e diversos atores sociais estão em constantes embates sobre o que devem medir e quais as tomadas de decisões adequadas a partir das informações provenientes do método adotado.

Segundo Motta (1996), a produção de indicadores ambientais se dá em virtude da necessidade de se incorporar a dinâmica ecológica no desenvolvimento econômico e social dentro do planejamento e da ação governamental. Portanto a importância dos indicadores ambientais está intimamente associada à sua utilização no planejamento e gestão dos espaços urbanos e rurais servindo para o melhor aproveitamento dos recursos naturais e mitigação dos processos de degradação ambiental e consequentes prejuízos econômicos.

A ideia de desenvolver indicadores específicos para sustentabilidade surgiu na Eco 92, por meio da Agenda 21. Em seu capítulo 8, fica expressa a necessidade de desenvolver indicadores de sustentabilidade, já que índices como o Produto Nacional Bruto (PNB) e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), além de outros de medições de recursos, deixaram de ser suficientes. A Agenda 21 orienta expressamente que os “países devem desenvolver sistemas de monitoramento e avaliação do avanço para o desenvolvimento sustentável adotando indicadores que meçam as mudanças nas dimensões econômica, social e ambiental” (MMA, 2010).

Os indicadores de sustentabilidade são usados para produção de relatórios públicos, com o objetivo de demonstrar as tendências e condições econômicas, socioambientais e institucionais, decorrentes das atividades humanas no uso dos recursos naturais, com especial destaque para os impactos, danos e transgressões ecológicas.

No Brasil, o IBGE disponibilizou para a sociedade a edição de 50 indicadores de desenvolvimento sustentável segundo as recomendações da Agenda 21. Destes 19 são sociais, 18 ambientais, 9 econômicos e 4 institucionais. Essas informações são dirigidas a todos que têm envolvimento teórico e prático com os desafios do desenvolvimento, como os pesquisadores, formuladores de políticas, integrantes do setor público e privado das organizações sociais, bem como o público em geral (IBGE, 2007).

O presente estudo importa, na área ambiental, dentre outros aspectos, os recursos hídricos, sobretudo do ponto de vista das disponibilidades e das demandas deste recurso numa dada região do semiárido piauiense, sendo que em destaque se apresenta, aqui, o uso consuntivo da água na região considerada. Dessa forma, será aqui abordado os índices que se relacionam mais intimamente com a questão em estudo, são eles: Índice de desenvolvimento humano (IDH), Índice de Gini (IG), Pegada ecológica (PE) e Pegada hídrica (PH).

### **2.5.1 Índice de desenvolvimento humano - IDH**

Segundo a literatura, o índice de desenvolvimento humano - IDH, foi desenvolvido pelo economista paquistanês Mahbud Ul Haq, e desde 1993 vem sendo utilizado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD na aferição do desenvolvimento humano em 177 países.

Mais precisamente, o IDH foi apresentado pelo PNUD em 1990 com o objetivo de medir, mundialmente, a qualidade de vida e o progresso humano (SILVA FILHO, 2004). Ele compara e classifica os países em grau de desenvolvimento de acordo com os critérios adotados na sua composição. O seu cálculo se compõe nas dimensões educação, longevidade e renda. Em detalhes, no critério educação, considera-se a taxa de alfabetização e a taxa de matrícula, no critério longevidade considera-se a expectativa de vida ao nascer, e no critério renda considera-se o PIB per capita medido em dólares.

Conforme apresentado, esse instrumento sintetiza dimensões representativas do desenvolvimento socioeconômico, classificando os países nas categorias baixo, médio e alto desenvolvimento. Tal medida foi se consolidando ao longo das décadas, difundindo-se tanto nos meios políticos quanto acadêmicos, alcançando, atualmente, uma popularidade considerável em todos os níveis sociais. Sua metodologia promoveu o embasamento de muitos modelos de análise do desenvolvimento, posteriormente construídos.

Apesar de ser representado por um número simples, variando de zero a um, o IDH tenta demonstrar uma realidade complexa do status de cada país anualmente, devido às variáveis dimensionais que entram na sua composição, que por si já trazem fundamentos sólidos de análise de desenvolvimento. Desta forma, o IDH

tornou-se um instrumento acessível e indispensável à mensuração do nível de desenvolvimento tanto de países quanto de unidades espaciais menores, como regiões, estados e municípios.

O relatório anual do IDH é elaborado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, órgão da ONU, sendo que em termos dimensionais, o Índice de Desenvolvimento Humano ou IDH, como já dito, varia de 0 a 1, classificando em uma das três categorias abaixo o país em análise:

$0,0 \leq \text{IDH} < 0,5$  Baixo Desenvolvimento Humano - País subdesenvolvido

$0,5 \leq \text{IDH} < 0,8$  Médio Desenvolvimento Humano - País em desenvolvimento

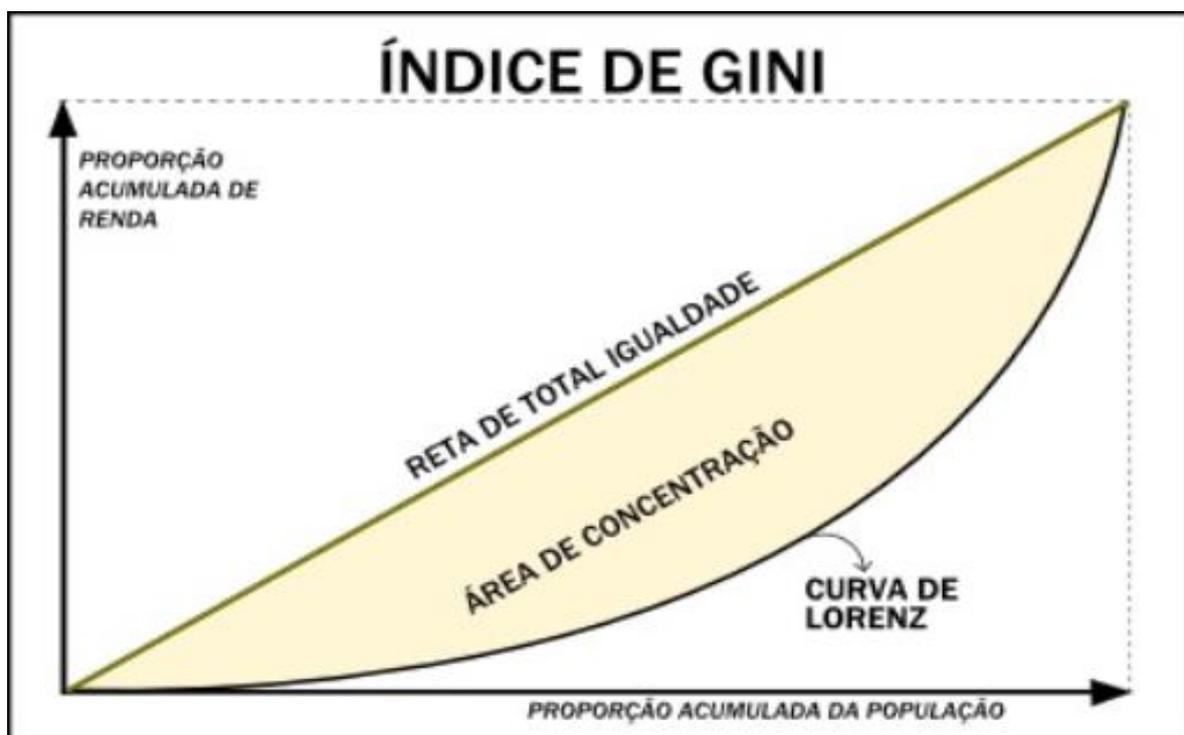
$0,8 \leq \text{IDH} \leq 1,0$  Alto Desenvolvimento Humano - País desenvolvido

### 2.5.2 Índice de Gini

O Índice de Gini (IG) ou Coeficiente de Gini (G), é um parâmetro estatístico de desigualdade, muito usado para indicar o grau de concentração de renda de uma região. Foi desenvolvido pelo estatístico italiano Conrado Gini em 1912, e além de medir a desigualdade de distribuição de renda, pode ser usado também para qualquer distribuição, como concentração de terra, riqueza, bem-estar social, pobreza e desenvolvimento econômico, entre outros. Sua importância efetiva-se diante das limitações que outros índices - como o PIB e a renda per capita - possuem para medir a distribuição de riquezas.

A construção do índice de Gini se baseia na curva de Lorenz que mostra como a proporção acumulada da renda (Y) varia em função da proporção acumulada da população (X), estando os indivíduos ordenados pelos valores crescentes da renda (Figura 5).

**Figura 5 - Gráfico do índice de Gini**



**Fonte:** Pena, (2016).

A área central, delimitada entre a reta de total igualdade e a curva de Lorenz, é a chamada área de concentração. Quanto maior a concentração de renda, maior é esta área. Dois casos extremos podem ajudar a entender a Curva de Lorenz. Em primeiro lugar, se não houvesse concentração, estaríamos sobre a reta de total igualdade (que é uma linha de 45 graus) e a área de concentração seria zero. Isso significa que cada percentual de renda é detido por igual percentual da população. Não há pessoas mais ricas, nem mais pobres nessa situação. Por outro lado, se toda a renda ficasse retida nas mãos de uma única pessoa, a área de concentração seria igual ao triângulo retângulo situado abaixo da reta de total igualdade.

Dessa forma, o cálculo do índice de Gini (IG) se processa da seguinte maneira: divide-se a área de concentração pela área de perfeita desigualdade, ou seja, pela área do triângulo retângulo situado abaixo da reta de total igualdade, ou seja:

$$\text{IG} = \text{Área de Concentração} / \text{Área de Perfeita Desigualdade}.$$

Se não há concentração, o numerador é zero, e o índice de Gini resulta também em zero. Se a concentração é máxima, teremos o numerador igual ao denominador, e o coeficiente assume valor um, o que conclusivamente define a variação do IG, ou seja:  $0 \leq IG \leq 1$ .

Sendo assim, de acordo com a análise da construção do Gini, quando o índice tem valor igual a um (1), existe perfeita desigualdade na distribuição de renda, isto é, a renda domiciliar per capita é totalmente apropriada por um único indivíduo. Quando ele tem valor igual a zero (0), tem-se a perfeita igualdade, isto é, a renda é distribuída na mesma proporção para todos os domicílios. Assim, quanto mais próximo da unidade, maior a desigualdade na distribuição de renda. Esta é a interpretação racional e lógica do referido índice, na qual se baseiam os relatórios a ele relacionados.

Como visto, o índice de Gini é uma medida de desigualdade calculada por meio de uma análise de razão, ao invés de uma variável representativa da maioria da população, tais como renda per capita ou do produto interno bruto. Ele pode ser usado também para comparar as distribuições de renda entre diferentes setores da população, tais como as zonas urbanas e rurais. É um índice suficientemente simples e facilmente interpretado, especialmente quando comparações são feitas entre países. Enfim, por ser simples, ele permite também uma comparação da desigualdade entre economias através do tempo (IPECE, 2016).

Finalmente, o índice de Gini além de analisar diferenciais na concentração da renda pessoal ao longo de toda a distribuição de renda, pode também contribuir para a análise da situação socioeconômica da população, identificando segmentos que requerem maior atenção de políticas públicas de saúde, educação e proteção social, dentre outras, além de subsidiar processos de planejamento, gestão e avaliação de políticas de distribuição de renda.

### 2.5.3 Pegada ecológica

A pegada ecológica (PE) ou *Ecological Footprint* (EF), é um instrumento ou método de medição de desenvolvimento sustentável. Trata-se de um método que consiste no cálculo da área necessária para garantir, indefinidamente, a sobrevivência de uma determinada população ou sistema econômico, fornecendo-

lhes energia e recursos naturais, e assegurando a capacidade de absorver os impactos produzidos por tal sistema. Segundo Bellen (2007), o método segue a teoria dos sistemas, pois contabiliza as entradas e saídas dos fluxos de matéria e energia de um dado sistema econômico, convertendo tais fluxos em área correspondente de terra ou água existentes na natureza para sustentar esse sistema.

O referido método, *ecological footprint method* ou método da pegada ecológica, foi proposto no livro *Our ecological footprint*, lançado em 1996 por William Rees e Mathis Wackernagel. Este método consiste em um indicador de sustentabilidade que mede o impacto do homem sobre a terra, ou da pressão exercida sobre o ambiente, e permite calcular a área de terra e água produtivas necessárias para sustentar o nosso padrão de vida.

A ideia básica apresentada pelos autores é que todo indivíduo, região ou sistema, ao desenvolver seus diferenciados processos, geram um impacto sobre a terra, através dos recursos consumidos e dos resíduos gerados. Para chegar-se à pegada ecológica, calcula-se em hectares a quantidade de terra e água utilizados para a obtenção dos recursos consumidos, assim como para a absorção dos resíduos gerados, devendo ser, de maneira geral, menor do que sua porção de superfície ecologicamente produtiva (LISBOA; BARROS, 2010).

Assim, então, a pegada ecológica está relacionada com o conceito de capacidade de carga, ou capacidade da terra para manter a vida (biocapacidade). Ela representa, portanto, a quantidade de hectares necessários para sustentar a vida de cada pessoa no mundo, ou seja, quantos hectares uma pessoa necessita para produzir o que consome por ano.

Deve-se entender que para o método da pegada ecológica o conceito de capacidade de carga é operacionalizado de forma inversa. Assim, para medir a sustentabilidade de um sistema deve-se determinar qual a área de terra ou de mar necessária para suprir determinada população, sem prejuízo ao ecossistema natural, ao invés de questionar quantas pessoas determinada área admite sem prejudicar a dinâmica do meio ambiente natural.

Dessa forma, trata-se de uma metodologia contábil ambiental, que avalia a pressão do consumo das populações humanas sobre os recursos naturais. O referido indicador, medido em hectares globais (gha), permite comparar diferentes

padrões de consumo e verificar se estão dentro da capacidade ecológica do planeta. Um hectare global significa um hectare de produtividade média mundial para terras e águas produtivas em um ano.

O objetivo maior da pegada ecológica é determinar quanto cada pessoa, cidade ou sistema está gastando de recursos naturais para se manter, segundo seus padrões de consumo. É uma forma de apropriar a utilização dos recursos naturais e está diretamente relacionada com os hábitos de vida de uma população.

Cada indivíduo, no seu cotidiano, provoca um determinado impacto no planeta de acordo com seus padrões de consumo, forma de deslocamento, quantidade de resíduos gerados e até o tipo de alimentação consumida. Tudo isso implica no uso de uma determinada quantidade de recursos naturais, pois as atividades humanas demandam recursos do ambiente natural para a sua manutenção. Este ambiente é formado por diversos tipos de terras, nas quais cada porção tem uma finalidade para atender as necessidades da população. De maneira geral, essas áreas são classificadas como áreas de cultivo, de pasto e de floresta. Quanto maior o consumo de recursos e a geração de resíduos, maior o tamanho da pegada para sustentar o sistema, isto é, maior a demanda por áreas de terra para garantir a manutenção das atividades.

O cálculo da pegada ecológica compõe-se de duas partes interdependentes as quais definem a fundamentação do diagnóstico, são elas:

1. Oferta ecológica ou biocapacidade;
2. Consumo da população ou pegada.

De acordo com a contabilidade ambiental de Pereira (2008), o diagnóstico ambiental vem da comparação das duas partes da pegada ecológica, assim, se a biocapacidade for maior que a pegada, têm-se uma situação de saldo ecológico positivo, caso contrário, se a biocapacidade for menor que a pegada, têm-se um déficit ecológico. Evidentemente que a dimensão do saldo ou do déficit ecológico vai ser proporcional ao tamanho da diferença entre a biocapacidade e a pegada.

Quando há excesso no consumo dos recursos naturais além do que as áreas bioprodutivas podem suprir, implica em uma PE maior do que a biocapacidade, isso se chama *overshoot* e caracteriza a região como deficitária ecologicamente. Ao contrário, se as áreas bioprodutivas atenderem a demanda existente, a

biocapacidade será maior que a PE, logo não haverá déficit no sistema pesquisado. Em síntese, o saldo ecológico fica definido, evidentemente, na seguinte expressão:

**Saldo Ecológico = Biocapacidade – pegada ecológica**, dessa forma tem-se:

**Biocapacidade > PE** tem-se **Saldo ecológico > 0**, ou seja, **superávit ecológico**;

**Biocapacidade < PE** tem-se **Saldo ecológico < 0**, ou seja, **déficit ecológico**.

A biocapacidade total de uma região representa a soma de todas as suas áreas bioprodutivas, dessa forma a comparação entre a pegada ecológica das atividades humanas de uma região e a biocapacidade presente, revela o quanto o consumo humano está exigindo dos recursos naturais e demonstra a extensão em que o meio ambiente natural está sendo usado.

É importante destacar que a carga ambiental imposta pela pegada ecológica, segundo os autores, não é função somente da população humana, mas também da distribuição per capita do consumo dessa população, desta forma a pressão efetuada sobre o meio ambiente cresce mais rápido, proporcionalmente, do que o crescimento populacional. Os autores também entendem que a carga imposta por cada população varia em função de diversos fatores além dos econômicos, tais como fatores culturais e de produtividade ecológica.

Neste contexto, de acordo com o exposto, a definição da área necessária para atender um determinado sistema populacional urbano, uma cidade ou um país, por exemplo, implica considerar não apenas o número de indivíduos presentes, mas toda a dinâmica existente no sistema considerado.

Finalmente, de acordo com a contextualização da PE, para o avanço em direção à sustentabilidade é preciso que a carga humana esteja em consonância com a capacidade de suporte do ecossistema. Assim, o estilo de vida que denota os níveis de consumo, utilização dos recursos e geração de resíduos, deve ser ecologicamente adequado à biocapacidade, a fim de que não se consumam os produtos e os utilize, mais rapidamente do que possam ser regenerados ou absorvidos.

Ainda de acordo com a literatura, a pegada ecológica pode subsidiar o desenvolvimento de estratégias e cenários futuros que podem ser aplicáveis em vários âmbitos, desde o individual até o mundial, em direção à sustentabilidade. Além disso, o referido índice assume um caráter comunicador, pois possibilita a ampliação do debate sobre o tema, sinaliza tendências ao longo do tempo e permite

comparações entre regiões e países, uma vez que a maioria das estimativas existentes para o método é baseada nas áreas produtivas mundiais.

Em termos comparativos mundial, a PE mede a apropriação humana de áreas produtivas enquanto que a PH mede a apropriação humana de volume de água doce. Ambas as pegadas têm em comum a análise do consumo humano quanto aos recursos naturais. De acordo com Seixas (2011), estes dois indicadores devem ser vistos como complementares, pois tratam da utilização do capital natural em relação ao consumo humano dos recursos naturais.

#### 2.5.4 Pegada hídrica

Arjen Hoekstra, na reunião de peritos internacionais sobre o comércio da água virtual, realizada em Delft na Holanda em 2002, apresentou o conceito de pegada hídrica em analogia à pegada ecológica. Muito embora ambos os conceitos tenham raízes e métodos de medição diferentes, em alguns aspectos os dois se complementam, sendo que ambos convergem ao fato de traduzirem o uso de recursos naturais pela humanidade. Hoekstra & Hung (2002) avaliaram quantitativamente a PH das nações e posteriormente, de forma mais abrangente, foi realizada uma nova avaliação, desta vez por Hoekstra & Chapagain (2007a). A introdução da PH no cenário ambiental tenta fortalecer as relações entre o consumo humano e o uso da água, bem como entre o comércio global e a gestão de recursos hídricos. Segundo Hoekstra (2003), essa pesquisa se deu pelo incômodo do fato de que a gestão de recursos hídricos é vista geralmente como uma questão local ou no máximo como um problema que ocorre no âmbito de uma bacia hidrográfica.

As atividades humanas consomem e poluem grandes volumes de água. De acordo com a literatura, em termos mundial, a maior parte do uso da água ocorre na produção agrícola, mas há também volumes substanciais de água consumidos e poluídos pelos setores industriais e domésticos. Assim, o consumo e a poluição da água podem estar associados a atividades específicas como irrigação, higiene pessoal, limpeza, refrigeração e processamento.

Quanto ao processamento dos recursos hídricos na cadeia produtiva, é pertinente a visualização do uso oculto da água em produtos. Sob esse aspecto Hoekstra e Chapagain (2008) mostraram que a visualização deste fenômeno pode

ajudar no entendimento do caráter global da água doce e na quantificação dos efeitos do consumo e do comércio na utilização dos recursos hídricos. Ainda, o aperfeiçoamento desta compreensão pode constituir a base para um melhor gerenciamento dos recursos hídricos do planeta. Neste contexto, a ideia de considerar o uso da água ao longo das cadeias produtivas ganhou interesse após a introdução do conceito de pegada hídrica.

A pegada hídrica é um indicador do uso da água associado ao seu uso direto e indireto feito por um consumidor ou produtor. Pode ser considerada como um indicador abrangente da apropriação de recursos hídricos, com a mesma semântica do conceito tradicional de tomada d'água.

A pegada hídrica de um indivíduo, comunidade ou negócio é definida como o volume total de água usada para produzir os bens e serviços consumidos por este indivíduo ou comunidade, ou produzido pelas empresas. Em menor escala, para um produto, no caso, é o volume de água utilizado para produzi-lo, medida ao longo de toda a cadeia produtiva. O uso da água, como visto, é medido em volumes de água consumidos (evaporado ou incorporado no produto) e/ou poluído por unidade de tempo, o que caracteriza, assim, uma vazão.

Dessa forma, a pegada hídrica pode ser calculada para um produto particular, para qualquer grupo bem definido de consumidores (por exemplo, um indivíduo, família, vila, cidade, estado ou país) ou produtores (por exemplo, uma organização pública, empresa privada ou setor econômico).

De acordo com Hoekstra *et al.* (2011), a pegada hídrica é um indicador geográfico explícito, multidimensional, que mostra não somente os volumes de água usados e poluídos, mas também sua localização, ou seja, mostra os volumes de consumo de água por fonte e os volumes de poluição pelo tipo de poluição. Todos os componentes de uma pegada hídrica total são especificados geográfico e temporalmente.

O consumo e uso da água pode ocorrer de forma direta, quando alguém abre a torneira para realizar uma ação, por exemplo, ou indireta via aquisição de objetos de consumo, como roupas, calçados, produtos alimentícios, etc. Muito preocupa e importa destacar o consumo do uso indireto da água, uma vez que dessa forma ela passa despercebida pelas pessoas, porque não é intuitivo que, ao consumirmos os

produtos, neles estejam embutidas enormes quantidades de água para sua produção, é a chamada água virtual, segundo a literatura.

O termo "água virtual" foi introduzido em 1993 pelo cientista britânico John Anthony Allan. Ele expôs essa ideia durante quase uma década para obter reconhecimento da importância do tema, que envolve disciplinas de meio ambiente, engenharia de alimentos, engenharia de produção agrícola, comércio internacional e tantas outras áreas que se relacionam com a água.

Os estudos sobre água virtual aumentaram bastante a partir de publicações editadas por vários pesquisadores, sobre o status quantitativo dos recursos hídricos.

De acordo com a literatura, água virtual é a quantidade de água gasta para produzir um bem, produto ou serviço. Ela está embutida no produto, não apenas no sentido visível, físico, mas também no sentido "virtual", considerando a água necessária aos processos produtivos. É uma medida indireta dos recursos hídricos consumidos por um bem. Dessa forma o comércio virtual de água ocorre quando vários produtos são comercializados a partir de um lugar para outro.

Atualmente, em discussões técnicas, esse parâmetro está sendo avaliado como um instrumento estratégico na política da água. É o caso do comércio agrícola, que promove uma gigantesca transferência de água de regiões onde ela se encontra de forma abundante e de baixo custo, para outras onde ela é escassa, cara e seu uso compete com outras prioridades.

A exemplo, de acordo com a Sabesp (2016), a China, importa cerca de 18 milhões de toneladas de soja por ano, a um custo de 3,5 milhões de dólares. Por esse caminho ingressam naquele país cerca de 45 bilhões de litros de água, um recurso hídrico que a China não teria disponível para cultivar essa soja.

Outro exemplo que vale a pena citar é o das exportações de carne do Brasil. Ainda, segundo a Sabesp (2016), em 2003 o país mandou para fora 1,3 milhão de toneladas de carne bovina, com uma receita cambial de 1,5 milhão de dólares. Por esse caminho, acabou exportando também 19,5 km<sup>3</sup> de água virtual (19,5 trilhões de litros de água).

No 3º Fórum Mundial da Água, realizado em 2003 nas cidades de Kyoto, Shiga e Osaka, o Brasil foi citado como o 10º exportador de água virtual (atrás de Estados Unidos, Canadá, Tailândia, Argentina, Índia, Austrália, Vietnã, França e Guatemala). Neste contexto, os especialistas em recursos hídricos advertem, em

seus estudos, que estas modalidades de comércio crescerão em futuro próximo, paralelamente ao esgotamento e a contaminação dos recursos hídricos.

As edições literárias sobre o tema aqui em destaque, mostram que o conceito de PH, até agora, só foi discutido em fóruns internacionais de água e de ciência política, não tendo havido ainda um debate sobre essa temática em fóruns ambientais. Na reunião de especialistas em Delft, o conceito passou a ser discutido em várias reuniões internacionais da água, sendo estes os primeiros eventos que obtiveram destaque por serem pioneiros no debate sobre a temática da PH no mundo.

Segundo Maracajá (2013), entre 2006 e 2013 foram realizados mais de 50 eventos em todo o mundo sobre esse assunto, um deles ocorreu no Brasil em 2011 na cidade de São Paulo com um curso introdutório sobre o tema. Segundo o autor, este evento foi realizado em duas etapas, a primeira destinada apenas aos parceiros do grupo Water Footprint tendo como título: Regional WFN Partner Exchange Meeting, realizado no dia 17 de março de 2011. A segunda etapa foi um treinamento sobre PH destinada às pessoas interessadas no tema: Regional Water Footprint training course in Brazil, realizado no período de 15 a 17 de março de 2011.

Em termos estruturais a pegada hídrica total de um indivíduo, comunidade ou sistema se compõe de três modalidades, segundo a literatura, a pegada hídrica azul, verde e cinza.

A PH azul representa o consumo de “água azul”, considerada a água doce superficial e/ou subterrânea. De acordo com Hoekstra *et al.* (2011), o termo “uso de água de consumo” refere-se a um dos quatro casos seguintes: (i) evaporação da água; (ii) água incorporada ao produto; (iii) não retorno da água para a área de captação (a água retorna para outra área ou para o mar) e (iv) não retorno da água no mesmo período (a água é retirada no período escasso e retorna no período chuvoso). Para Shiklomanov (2000), o maior consumidor global de água azul é, na atualidade, o setor agrícola.

A PH verde é definida como sendo a água oriunda de precipitações que não é retirada nem armazenada pelos mananciais, e sim armazenada temporariamente no solo, ou permanece temporariamente na superfície do solo ou vegetação (HOEKSTRA, 2011). Ela representa o volume de água proveniente de chuva consumida durante o processo de produção. O cálculo da pegada hídrica verde é

particularmente relevante para produtos baseados em culturas agrícolas, devido à evapotranspiração.

A distinção entre a PH azul e a verde é muito importante em razão dos impactos hidrológicos, ambientais e sociais, tal como os custos e impactos do uso da água superficial e do subsolo. Esta definição difere dos custos e impactos do uso de água de chuva (HOEKSTRA *et al.*, 2011).

A PH cinza indica o grau de poluição de água doce associada ao processo de produção. Para Hoekstra (2011), essa componente da PH representa o volume de água doce que é requerido para assimilar a carga de poluentes baseando-se nas concentrações naturais e nos padrões de qualidade de água existentes. Ela é calculada dividindo-se a carga de poluentes pela diferença entre a máxima concentração aceitável para aquele poluente específico e sua concentração natural naquele corpo de água que assimila o poluente.

Em outra linha de raciocínio, Hoekstra (2011), chama a atenção quanto ao cálculo da PH total, pois como se trata do consumo e uso da água em cada etapa da cadeia produtiva, é preciso o controle na computação de cada parcela da água consumida em cada fase da cadeia, a fim de que não haja acúmulo na soma de parcelas já computada. O entendimento é que a pegada hídrica de uma simples “etapa do processo”, é a base para todos os cálculos da pegada hídrica total (Quadro 1).

Dessa forma as pegadas hídricas de produtos finais de consumo podem ser somadas sem que haja dupla contabilidade. Isto se deve ao fato de que as pegadas hídricas dos processos são sempre e exclusivamente alocadas em um único produto final ou, quando um processo contribui para mais de um produto final, a pegada hídrica de um processo é dividida entre os diferentes produtos finais. Não faz sentido somar pegadas hídricas de produtos intermediários, pois a dupla contabilização pode ocorrer facilmente. Se somarmos, por exemplo, a pegada hídrica do tecido de algodão com a pegada hídrica do algodão em pluma (bruto), ocorrerá dupla contabilidade, pois o cálculo da primeira já inclui o da segunda. Do mesmo modo, é possível somar as pegadas hídricas individuais dos consumidores sem que ocorra a dupla contabilização, mas não se deve somar as pegadas hídricas de diferentes produtores, já que isso pode levar a dupla contabilização.

### Quadro 1 - Relação entre os diferentes tipos de pegada hídrica

- A pegada hídrica de um produto = a soma das pegadas hídricas das etapas do processo ocorridas na elaboração do produto (considerando toda a cadeia produtiva e de suprimento).
- A pegada hídrica de um consumidor = a soma das pegadas hídricas de todos os produtos consumidos por ele.
- A pegada hídrica de uma comunidade = a soma das pegadas hídricas de seus membros.
- A pegada hídrica de consumo nacional = a soma das pegadas hídricas dos habitantes de um país.
- A pegada hídrica de uma empresa = a soma das pegadas hídricas dos produtos finais que a empresa produz.
- A pegada hídrica dentro de uma área delimitada geograficamente (por exemplo, um município, estado, país, bacia hidrográfica) = a soma das pegadas hídricas de todos os processos que ocorrem naquela área.

**Fonte:** Hoekstra, (2011).

Neste contexto, o procedimento para a determinação da PH de produtos segue a ordem do quadro acima. A pegada hídrica de um animal, por exemplo, é calculada baseando-se em seu consumo de água durante toda a sua vida, incluindo higiene, alimentação e consumo propriamente dito. A pegada hídrica total do animal é dividida em vários subprodutos derivados. Na Tabela 3 estão as pegadas hídricas de alguns produtos de origens animal e agrícola.

No caso específico do frango, considera-se um sistema industrial de produção que leva em média 10 semanas antes de abater o animal e produzir 1,7 kg de carne branca. Segundo Mekonnen e Hoekstra (2010), a ave consome aproximadamente 3,3 kg de ração e 30 L de água no processo produtivo. Portanto, para cada 1 kg de frango são utilizados cerca de 2 kg de grãos e 20 L de água potável durante todo o ciclo de produção. A produção total tem embutidos 3.900 L de água em todo processo de produção (MEKONNEN & HOEKSTRA, 2010). Os autores destacam que o exemplo apresentando acima é uma média global. A PH do frango varia acentuadamente, dependendo da região de produção, da composição da ração e origem dos elementos que a compõem. Quando abatido, após 10 semanas, a ave terá menos peso e, assim, a produção é reduzida. Conforme Mekonnen e Hoekstra (2010), em termos gerais, a PH do frango obtido em sistemas industriais, é menor do que obtido em sistemas de fazendas. Entretanto, é necessário atentar-se à origem da água, pois enquanto a PH do frango proveniente de um sistema industrial refere-

se à água de irrigação (água azul), a PH de uma cultura de grãos, cultivada em sistema de sequeiro, consumida pela ave pode sofrer com a redução dos índices pluviométricos (água verde).

**Tabela 3 - Exemplos de pegadas hídricas de alguns produtos**

<b>Pegadas hídricas médias de alguns produtos animais e agrícolas</b>			
<b>Produto animal</b>		<b>Cultura</b>	
<b>Produto</b>	<b>Ph (L/Kg)</b>	<b>Produto</b>	<b>Ph (L/Kg)</b>
Couro bovino	16.600	Arroz	3.400
Carne de boi	15.500	Amendoim	3.100
Carne de carneiro	6.100	Trigo	1.300
Queijo	5.000	Milho	900
Porco	4.800	Maçã ou pêra	700
Leite em pó	4.600	Laranja	460
Carne de cabra	4.000	Batata	250
Galinha	3.900	Repólho	200
Ovos	3.300	Tomate	180
Leite	1.000	Alface	130

**Fonte:** Hoekstra, (2011).

Para o caso específico da carne vermelha, considera-se um sistema industrial de produção de carne bovina que leva três anos para se abater um animal e produzir 200 kg de carne desossada. Aceita-se que o animal tenha consumido 1.300 kg de ração, 7.200 kg de forragem, 24 m<sup>3</sup> de água para dessedentação e 7 m<sup>3</sup> de água para limpeza geral. Isto significa que, para cada 1 kg de carne desossada, são utilizados 6,5 kg de ração, 36 kg de forragem e 155 L de água de beber. A produção de todo este sustento tem embutidos 15,500 m<sup>3</sup> de água para a produção de 1 kg de carne bovina (HOEKSTRA, 2011).

No caso da carne suína a pegada hídrica para 1 kg de carne de porco é de 4.800 litros de água. Em um sistema industrial da suinocultura que leva em média 10 meses antes de um porco ser abatido, produz-se 90 kg de carcaça suína, 5 kg de

miudezas comestíveis e 2,5 kg de pele. Um porco consome cerca de 385 kg de grãos (milho, cevada, farelo de soja, farelo de trigo e outros grãos pequenos), utilizando 11 m<sup>3</sup> de água para beber e para manutenção da fazenda. Também é necessário mais 10 m<sup>3</sup> de água durante o processo de abate e de limpeza. Para se produzir toda essa carne de porco são empregados 435 m<sup>3</sup> de água, sendo esse volume total distribuído ao longo dos três principais produtos, tendo como base os seus valores de mercado e o produto obtido por kg do suíno vivo. Desse modo, para os diferentes tipos de carne se obterá PH diferenciada, podendo considerar o uso da água em todas as etapas da cadeia produtiva. Hoekstra (2011), afirma que esse procedimento é semelhante à contabilidade de produtos derivados do setor agrícola, industrial ou de serviços.

Outro aspecto importante é quanto à dimensão da PH que pode ser expressa em termos de volume de água por unidade de produto, ou através do volume de água por unidade de tempo. A pegada hídrica de um processo é expressa como o volume de água por unidade de tempo. Quando dividida pela quantidade de produtos que resultam do processo, ela também pode ser expressa como o volume de água por unidade de produto. A pegada hídrica de um produto é expressa sempre em termos de volume de água por unidade de produto (normalmente m<sup>3</sup>/ton ou litros/kg). A pegada hídrica de um consumidor ou produtor ou a pegada hídrica dentro de uma área é sempre expressa pelo o volume de água por unidade de tempo. Em termos de tempo, dependendo do nível de detalhe desejado, a pegada hídrica pode ser expressa em dia, mês ou ano.

Um outro fato também importante e fundamental da PH, é a sua determinação quantitativa, pois esta segue uma sequência lógica de cálculo que depende da sua dimensão em termos de abrangência.

A pegada hídrica de um produto, por exemplo, é definida como o volume total de água doce que é utilizado direta ou indiretamente em seu processo produtivo. Sua estimativa é feita com base no consumo e na poluição da água em todas as etapas da cadeia produtiva. Segundo Hoekstra (2011), o cálculo é semelhante para todos os tipos de produtos, sejam eles derivados dos setores agrícola, industrial ou de serviços. Ainda, segundo o autor, a pegada hídrica de um produto é subdividida nas componentes verde, azul e cinza. Ele cita que um termo alternativo para a

pegada hídrica de um produto é o ‘conteúdo de água virtual’, mas o significado deste último é, segundo ele, mais restrito.

Neste contexto, no caso de um consumidor, a PH é definida pelo volume total de água doce consumida e poluída na produção de bens e serviços por ele utilizados.

Sendo um grupo de consumidores, a PH é igual à soma das pegadas hídricas de cada consumidor. Dessa forma, a pegada hídrica de um consumidor ( $PH_{\text{cons}}$ ) é calculada através da soma da pegada hídrica direta do indivíduo e sua pegada hídrica indireta.

A pegada hídrica direta se refere ao consumo e a poluição relacionados ao uso da água em casa ou no jardim. A pegada hídrica indireta se refere ao consumo e a poluição da água que podem estar associados à produção dos bens e serviços utilizados pelo consumidor. Ela se refere à água que foi usada para produzir, por exemplo, roupas, papel, energia e bens industriais de consumo. O uso indireto da água é calculado multiplicando todos os produtos consumidos por suas respectivas pegadas hídricas de produto. Em resumo, tem-se, para um consumidor:

$$PH_{\text{(cons)}} = PH_{\text{(cons,dir)}} + PH_{\text{(cons,ind)}} \quad [\text{volume/tempo}] \quad \text{(eq. 1)}$$

A pegada hídrica dentro de uma área geográfica é definida como sendo o consumo total de água doce e de poluição dentro dos limites espaciais da área. É fundamental definir claramente os limites da área considerada. A área pode ser uma área de drenagem, uma bacia hidrográfica, um estado, um país ou qualquer outra unidade espacial administrativa ou hidrológica.

A pegada hídrica dentro de uma área delimitada geograficamente ( $PH_{\text{área}}$ ), é calculada através da soma das pegadas hídricas de processamentos de todos os processos que utilizam água na área, ou seja:

$$PH_{\text{área}} = \sum_q PH_{\text{proc}} [q] \quad [\text{volume/tempo}] \quad \text{(eq. 2)}$$

onde  $PH_{\text{proc}} [q]$  se refere à pegada hídrica de um processo “q” dentro da área delimitada geograficamente. A equação soma todos os processos de consumo de água ou poluição hídrica ocorridos nessa área (HOEKSTRA, 2011).

## 2.6 Contextualização global da pegada hídrica

Em termo global, segundo Hoekstra e Mekonnen, (2012), a PH média *per capita* relacionada ao consumo é de 1.385 m<sup>3</sup>/ano, para o período de 1996 a 2005. O consumidor dos Estados Unidos tem PH média de 2.842 m<sup>3</sup>/ano *per capita*, enquanto que o da China e Índia têm pegada hídrica de 1.071 e 1.089 m<sup>3</sup>/ano *per capita*, respectivamente. Ainda, de acordo com os autores, os países industrializados têm pegada hídrica na faixa de 1.250 a 2.850 m<sup>3</sup>/ano, enquanto que os países em desenvolvimento mostram uma variação maior de 550 a 3.800 m<sup>3</sup>/ano.

Os estudos de Hoekstra e Chapagain (2007b), mostram que a agricultura é o setor com maior utilização de água doce, correspondendo a 70% do consumo de água total do planeta. Por outro lado, o volume gasto no setor industrial é de 22% e para o uso doméstico é de 8%. Assim, de acordo com os autores, o tamanho da pegada hídrica mundial é determinado pelo consumo de alimentos, uso de água no consumo industrial e doméstico, sendo de 1.243 m<sup>3</sup>/ano *per capita* por habitante, valor este também encontrado no presente trabalho.

Ainda, segundo Hoekstra e Chapagain (2007), a pegada hídrica mundial da agricultura é de 6.390x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano, a doméstica é de 344x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano e a da indústria 716x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano. Portanto, o setor produtivo que mais utiliza a água é a agricultura irrigada (Figura 6).

**Figura 6 - Valores da Pegada hídrica mundial por setores produtivos (x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano)**

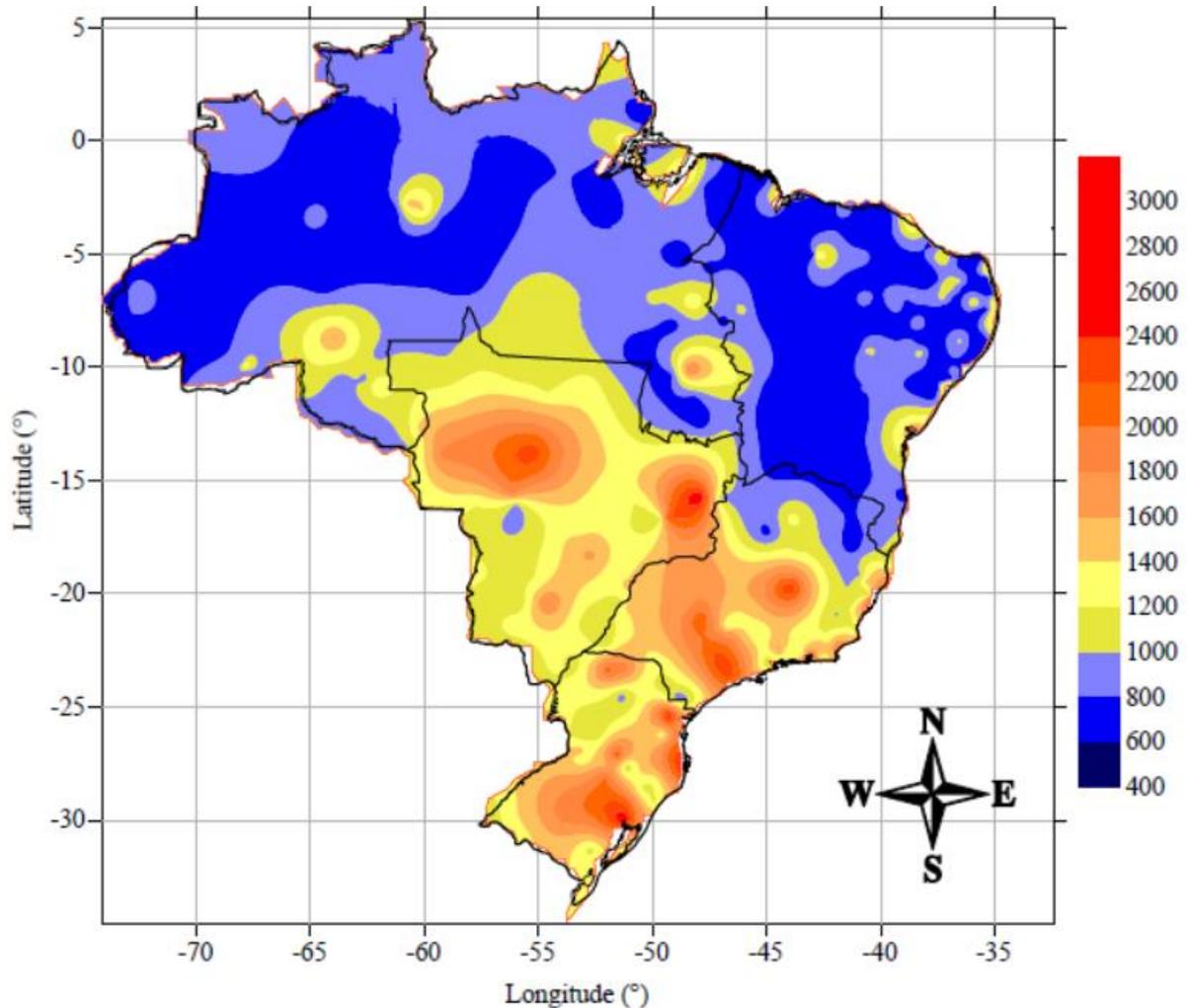


**Fonte:** Hoekstra e Chapagain, (2007).

## 2.7 Pegada hídrica no Brasil

Segundo Maracajá (2013), a Pegada Hídrica no Brasil, a nível estadual, está compreendida entre 751 e 2.588 m<sup>3</sup>/ano, no que confere com Hoekstra e Mekonnen, (2012), quando citam que a PH nos países em desenvolvimento varia entre 550 a 3.800 m<sup>3</sup>/ano. De acordo com a distribuição espacial da PH brasileira (Figura 7), os maiores valores estão concentrados nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, onde também se concentram os maiores valores de renda *per capita* e IDH, que está entre 0,7 e 0,8. Ainda, segundo o autor, para estes mesmos índices, ao contrário, os menores valores se concentram nas regiões norte e nordeste, com IDH variando entre 0,6 e 0,7.

**Figura 7 - Distribuição espacial da PH no Brasil**



**Fonte:** Maracajá, (2013).

Em pesquisa publicada em 2013, Kettrin Farias Bem Maracajá (MARACAJÁ, 2013) mostra que a PH média do Brasil é 1.107 m³/ano, bem inferior à encontrada por Hoekstra *et al.* (2009) de 2.027 m³/ano e um pouco abaixo da média global, 1.385 m³/ano, no período de 1996 a 2005 segundo Hoekstra e Mekonnen, (2012). Tal fato deve ser entendido considerando as distribuições espaço-temporais de renda e consumo, bem como o rigor, quanto ao nível de extensão exigido, do aplicativo utilizado no cálculo da PH.

Os estados brasileiros detentores de maiores PH e IDH são os mais desenvolvidos, com consumo e produção superior às outras regiões menos desenvolvidas (Silva *et al.*, 2013).

Ainda, de acordo com Maracajá (2013), o Distrito Federal apresenta a maior PH, 2.588 m<sup>3</sup>/ano, enquanto que o estado da Bahia apresenta a menor, 751 m<sup>3</sup>/ano. Segundo o autor, cerca de 56% dos estados brasileiros possuem PH inferior a 1.000 m<sup>3</sup>/ano, indicando que o Brasil ainda é um país com PH abaixo da média mundial que é de 1.385 m<sup>3</sup>/ano.

O anexo II (MARACAJÁ, 2013), mostra a PH média regional do Brasil, em ordem crescente, começando com a região nordeste com 805 m<sup>3</sup>/ano, seguido das regiões norte com 903 m<sup>3</sup>/ano, sudeste com 1.337 m<sup>3</sup>/ano, sul com 1.501 m<sup>3</sup>/ano e centro-oeste com 1.619 m<sup>3</sup>/ano. Os maiores valores situam-se principalmente na região centro-oeste e em alguns municípios da região sul e sudeste. Os destaques da região sul são dos estados do Rio Grande do Sul (1.542 m<sup>3</sup>/ano) e Santa Catarina (1.593 m<sup>3</sup>/ano), na região sudeste Rio de Janeiro (1.398 m<sup>3</sup>/ano) e São Paulo (1.503 m<sup>3</sup>/ano).

As regiões norte e nordeste apresentam os menores valores de PH por serem menos desenvolvidas, tendo, portanto, um padrão de consumo menor que as demais regiões do país. Por outro lado, as regiões centro-oeste, sul e sudeste, têm os maiores valores de PH por se destacarem na produção industrial e agrícola brasileira, bem como por serem grandes exportadores de água virtual para outros países através da fruticultura e produtos agrícolas, como milho e soja, aumentando, assim, o consumo de água virtual através da exportação (MARACAJÁ, 2013).

## **2.8 Recursos hídricos**

Dentre todos os recursos naturais, a água se constitui no mais importante e essencial, por ser fundamental à vida bem como à todas as atividades desenvolvidas pelo homem, portanto a sua preservação é fundamental para garantir as fontes que satisfaçam as demandas quantitativas e qualitativas, de maneira segura e confiável para os diversos usos de qualquer comunidade (KATO; PIVELLE, 2005).

A água, parte integrante dos seres vivos e, portanto, essencial à vida, como citado, é uma substância mineral presente em toda a natureza nos estados sólido, líquido e gasoso. É um recurso natural peculiar pois se renova pelos processos físicos do ciclo hidrológico. Neste contexto, a terra se comporta como um gigantesco

sistema destilador da água, usando, para tanto, a ação do calor do sol e das forças gravitacionais.

Em essência, e de uma forma simplista, a água, por sua importância e natureza, pode ser assim caracterizada:

- a) Substância mais abundante na Terra;
- b) Principal constituinte dos seres vivos;
- c) Força de conformação do relevo da Terra;
- d) Condiciona a vida humana e o progresso da civilização.

O volume de água na terra é praticamente constante desde os primórdios da sua existência, ou seja, sob o ponto de vista global, a água que consumimos hoje é a mesma que existe há 5 bilhões de anos, passando apenas por constantes modificações em um grande ciclo chamado ciclo hidrológico, onde seu volume total existente na terra permanece inalterado.

Também, além dos pontos relativos citados, outro aspecto de grande importância da água, dentre tantos, reside no fato de ser o principal elemento de formação hídrica atmosférica, influenciando as variações do tempo (principalmente o clima) nas regiões, e fundamental para a manutenção dos ecossistemas na natureza.

Os ecossistemas, além de fundamentarem a sustentabilidade ambiental, formam a matriz dos insumos com os quais se produzem os bens e serviços necessários à civilização. Nesse sentido, a sustentabilidade pressupõe a melhora dos resultados ambientais e sociais do crescimento econômico que move e é movido por esse processo. A água é o recurso ambiental primordial em todos os processos produtivos e nas atividades humanas, além de regulador dos ecossistemas e componente essencial de cada ser vivo, tem-se que as questões contemporâneas e futuras relacionadas à água estão na produção de bens e serviços em geral, particularmente na produção de alimentos, entretanto as reservas hídricas são utilizadas a taxas crescentes, em atendimento às demandas da sociedade.

Em muitos países, a carência de água pode ser um dos fatores que limitam o desenvolvimento, sendo que em alguns como Israel, Territórios Palestinos, Jordânia,

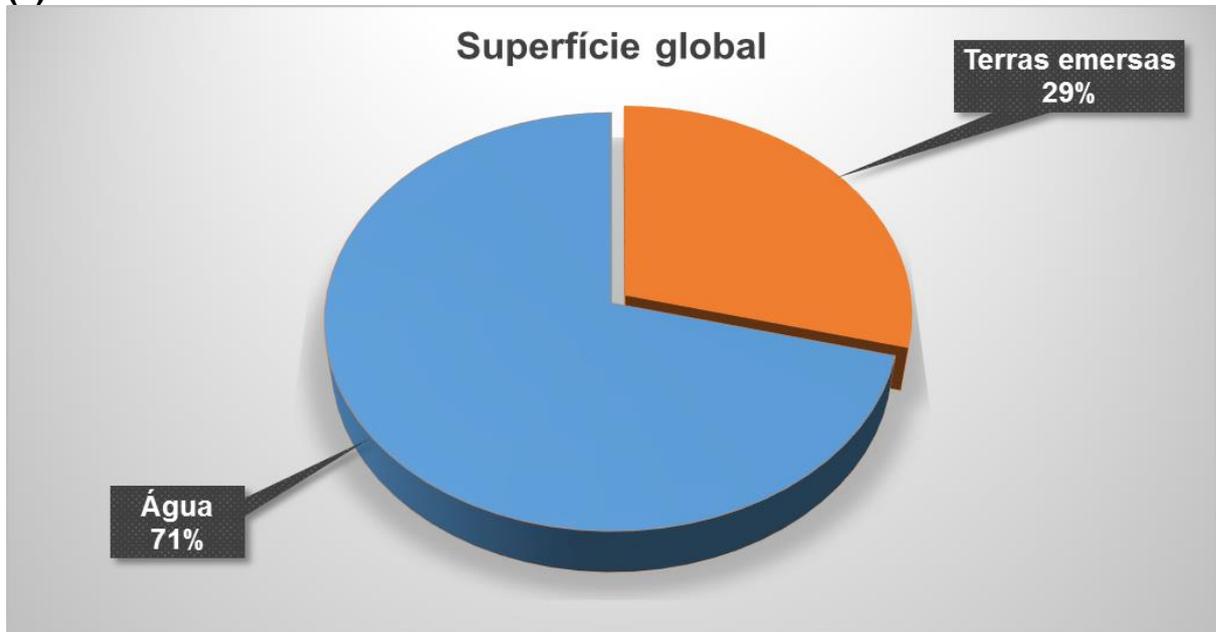
Líbia, Malta e Tunísia, a escassez de água já atingiu níveis muito perigosos. De acordo com Carvalho *et al.*, (2007) a falta de água atinge severamente 26 países, além dos já citados estão nesta situação: Arábia Saudita, Iraque, Kuwait, Egito, Argélia, Burundi, Cabo Verde, Etiópia, Cingapura, Tailândia, Barbados, Hungria, Bélgica, México, Estados Unidos, França, Espanha e outros.

No Brasil, a ocorrência mais frequente de seca é no nordeste no entanto em outras regiões já foram registrados sérios problemas de abastecimento, atualmente, neste ano de 2016, o sistema cantareira, que abastece parte da região sul do país, encontra-se em colapso, operando com menos da metade de sua capacidade. Alertas de organismos internacionais mencionam que nos próximos 25 anos, cerca de 3 bilhões de pessoas poderão viver em regiões com extrema falta de água, inclusive para o próprio consumo.

A grande maioria das pessoas acreditam que a água é infinitamente abundante e que naturalmente se renova. No entanto, dos 71% que ocupa da superfície do planeta, tem-se que 97,30% deste total constituem-se de águas salgadas, e apenas 2,70% são de águas doces. Do total de água doce, 2,07% estão congeladas em geleiras e calotas polares (água em estado sólido) e, apenas 0,63% resta de água doce não totalmente aproveitada por questões de inviabilidade técnica, econômica, financeira e de sustentabilidade ambiental (Figuras 8a e 8b) (CARVALHO *et al.*, 2007).

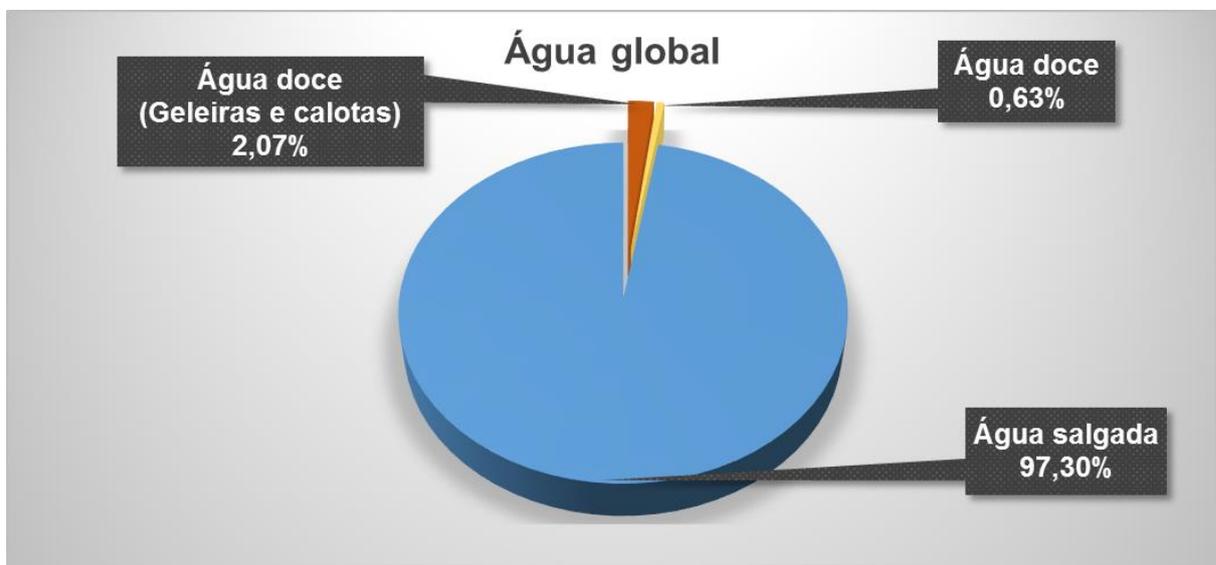
Figura 8 - (a) Superfície global coberta por água; (b) Distribuição da água no planeta.

(a)



Fonte: O Autor, (2016).

(b)

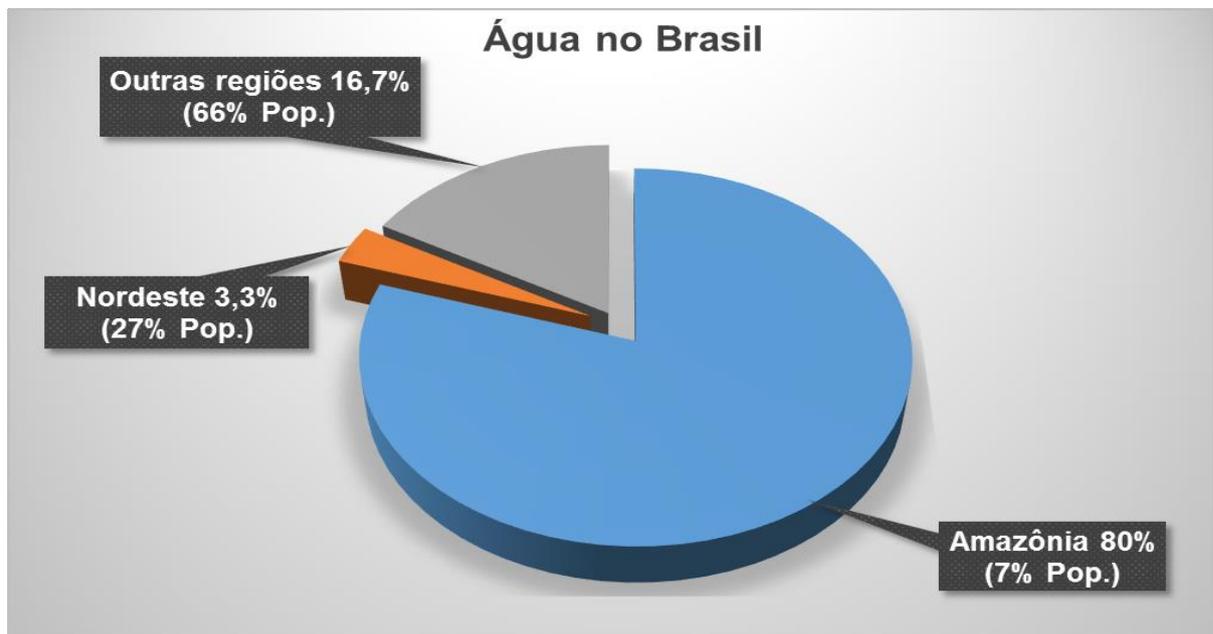


Fonte: O Autor, (2016).

O Brasil, segundo as estatísticas, é o país mais rico em água doce, com 12% das reservas mundiais, cuja distribuição dos mananciais se apresenta conforme a próxima figura. Do potencial de água de superfície do planeta, 18% concentram-se

em terras brasileiras escoando pelos rios, aproximadamente  $257.790 \text{ m}^3/\text{s}$ . Apesar de apresentar uma situação aparentemente favorável, quanto à disponibilidade hídrica, observa-se no Brasil uma enorme desigualdade regional na distribuição deste recurso pois 80% da água doce se encontra na região amazônica, mas que abastece apenas 7% da população brasileira. Os 20% restantes estão divididos pelo país, e abastecem 93% da população brasileira (Figura 9).

**Figura 9 - Recursos hídricos no Brasil**



**Fonte:** O Autor, (2016).

Apesar da disponibilidade relativa de água no Brasil, ainda existe no país o problema do acesso à água tratada por grande parte da população. A cidade de Manaus está localizada na Bacia Amazônica, que detém 80% das reservas nacionais, e grande parte das moradias locais não recebe água potável. No Brasil, cerca de 36% das moradias, ou seja, aproximadamente 20 milhões de residências, não têm acesso a água de boa qualidade, segundo dados do IBGE (2007).

Sendo a água um recurso natural renovável, mas limitado, tem-se para reflexão que a quantidade de água no mundo é praticamente a mesma há milhares e milhares de anos, como citado, entretanto o número de pessoas que vivem na terra aumenta a cada dia, ou seja, é mais gente para a mesma quantidade de água. Infelizmente, este recurso natural encontra-se cada vez mais limitado e está sendo

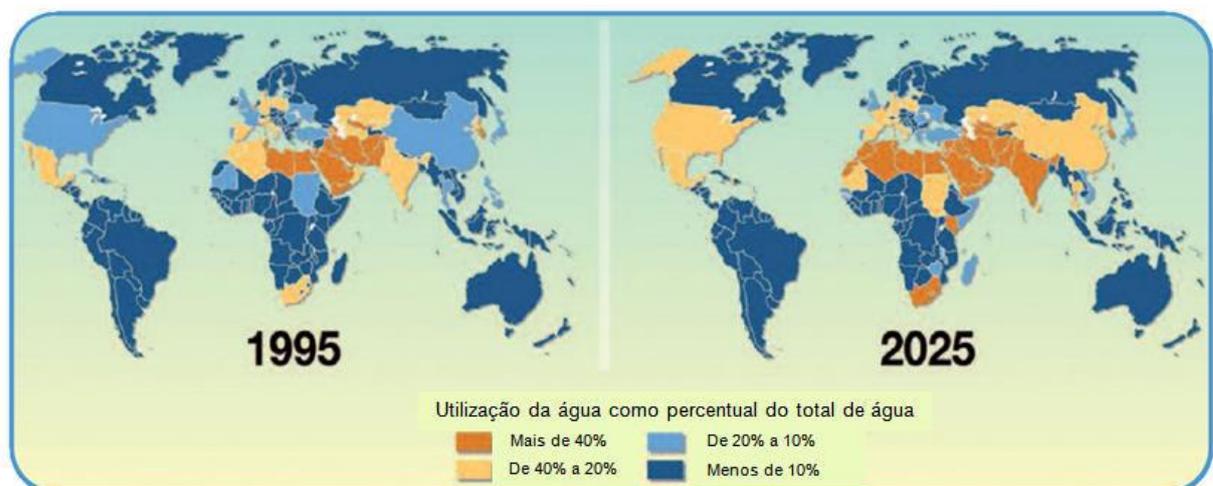
exaurido pelas ações antrópicas impactantes nas bacias hidrográficas, degradando a sua qualidade e prejudicando os ecossistemas.

Quando a demanda por água excede o montante disponível durante certo período, ou quando a má qualidade restringe o uso da água disponível, ocorre o estresse hídrico. Os fatores que geram o estresse hídrico são uma combinação de ambiente construído, ambiente biofísico e gestão hídrica, além da distribuição desuniforme dos recursos hídricos no mundo.

O conceito de estresse hídrico é baseado nas necessidades mínimas de água *per capita*, para manter a qualidade de vida adequada, em regiões moderadamente desenvolvidas, situadas em zonas áridas. Parte-se do pressuposto que 100 litros diários (36,5 m<sup>3</sup>/ano) representam o requisito mínimo para suprir as necessidades domésticas e manutenção de um nível adequado de saúde (GLOBAL WATER SECURITY, 2010).

Em 2025, o estresse hídrico vai aumentar em diversas regiões do mundo, incluindo o Norte da África, o Oriente Médio e a Ásia. A Figura 10 mostra a situação dos países com relação ao percentual de água disponível em 1995 e apresenta previsão para 2025. É previsto que aumentará substancialmente a quantidade de países nos quais a demanda de água supera a disponibilidade em 40% (GLOBAL WATER SECURITY, 2010).

**Figura 10 - Panorama de utilização da água acima da disponibilidade no ano de 1995 e previsão para o ano de 2025**



**Fonte:** Adaptado de GLOBAL WATER SECURITY, (2010).

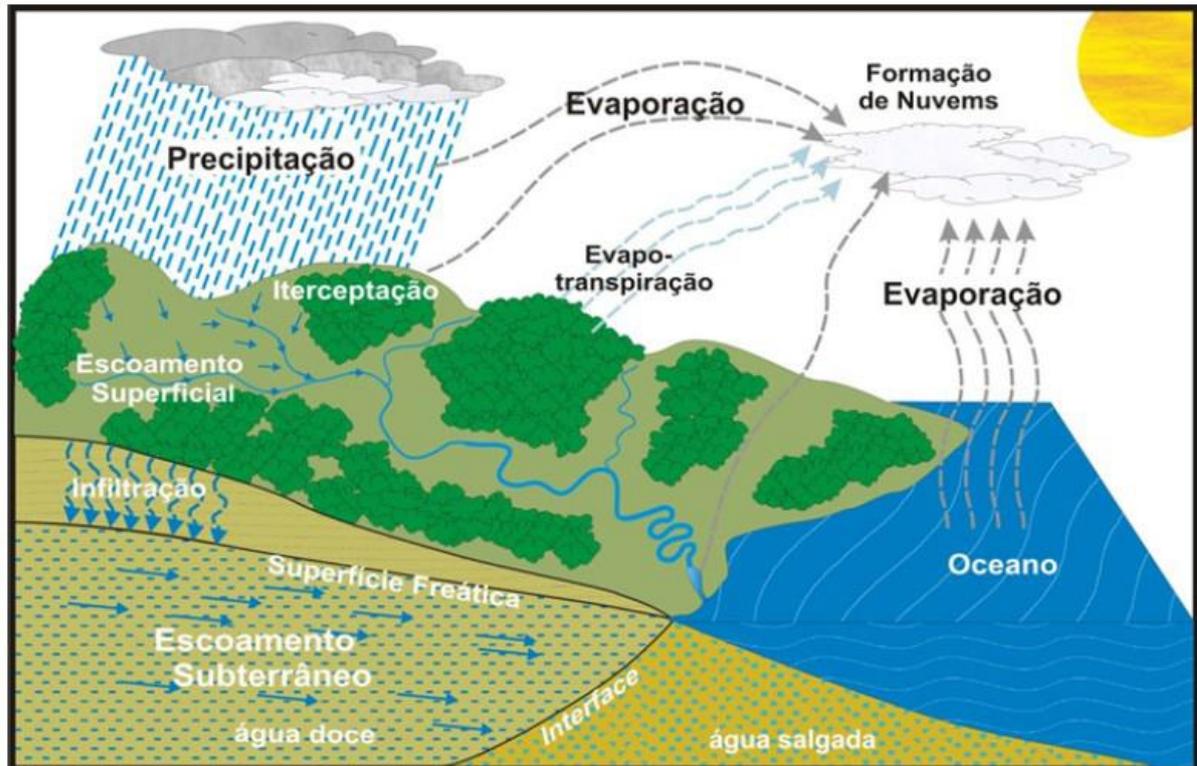
Neste contexto, a Organização das Nações Unidas, prevê que, se o descaso com os recursos hídricos continuar, metade da população mundial, aproximadamente 3 bilhões de pessoas, não terá acesso à água potável a partir de 2025. Hoje, segundo a instituição, este problema já afeta cerca de 20% da população do planeta, ou seja, mais de 1 bilhão de pessoas em todo o mundo.

A demanda de água no mundo vem sempre crescente desde o início da história da humanidade. As tendências das últimas décadas são de excepcional incremento devido ao aumento populacional e elevação do nível de vida. Neste sentido, as disponibilidades hídricas precisam ser ampliadas e, para tanto, são necessários investimentos em pesquisas e desenvolvimento tecnológico para exploração viável e racional da água.

## **2.9 Bacia Hidrográfica**

Segundo Tucci (2002), ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água, que se caracteriza pelo conjunto dos diversos caminhos percorridos por ela entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à força da gravidade e ao movimento de rotação da terra (Figura 11).

**Figura 11 - Ciclo da água**



**Fonte:** Finotti *et al.*, (2009).

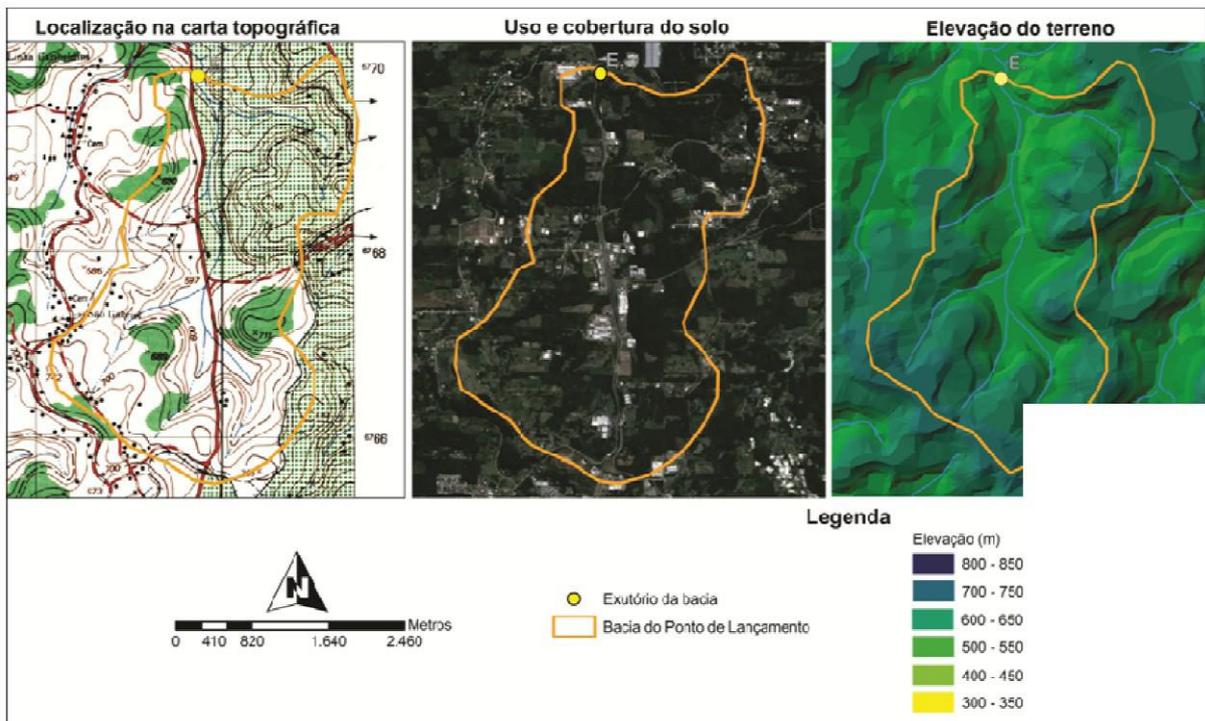
Como descrito anteriormente, considerando o planeta como um todo, o ciclo hidrológico, em seu aspecto geral, pode ser visto como um sistema hidrológico fechado, já que a quantidade de água disponível para a terra é finita e indestrutível. Por outro lado, os subsistemas continentais abertos são abundantes, e estes são normalmente os tipos analisados pelos hidrologistas. Assim, o ciclo hidrológico quando estudado em fragmentos, quanto à drenagem, se apresenta como um ciclo aberto.

Uma bacia hidrográfica constitui um sistema complexo, representativo das condições físicas e socioeconômicas locais. Refere-se à uma região geográfica composta por um conjunto de superfícies vertentes constituídas pela superfície do solo e uma rede de drenagem formada por um sistema fluvial onde diversos rios ou cursos d'água secundários deságuam num curso d'água principal, sendo o espaço físico correspondente à parte terrestre do ciclo hidrológico, o qual se completa na atmosfera, estabelecendo um mecanismo de retroalimentação (SILVA FILHO, 2004).

As bacias hidrográficas ou bacias de drenagem, são regiões continentais de importância prática para os hidrólogos por conta da simplicidade que oferecem na aplicação do balanço de água, que pode ser desenvolvido para avaliar os componentes do ciclo hidrológico numa região hidrologicamente determinada. De acordo com Tucci (2002), normalmente o ciclo hidrológico é estudado com maior interesse na fase terrestre, onde o elemento fundamental de análise é a bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica pode ser vista e conceituada sob vários aspectos, mas fundamentalmente trata-se de um sistema aberto de entrada e saída de fluxo e energia, cuja dinâmica se processa, sobretudo, pela precipitação e o escoamento superficial. Dessa forma, em termos de superfície terrestre, bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação das chuvas que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. A Figura 12 mostra uma delimitação de bacia hidrográfica a partir de carta do exército e de modelo digital de elevação (FINKLER, 2016).

**Figura 12 - Bacia hidrográfica**

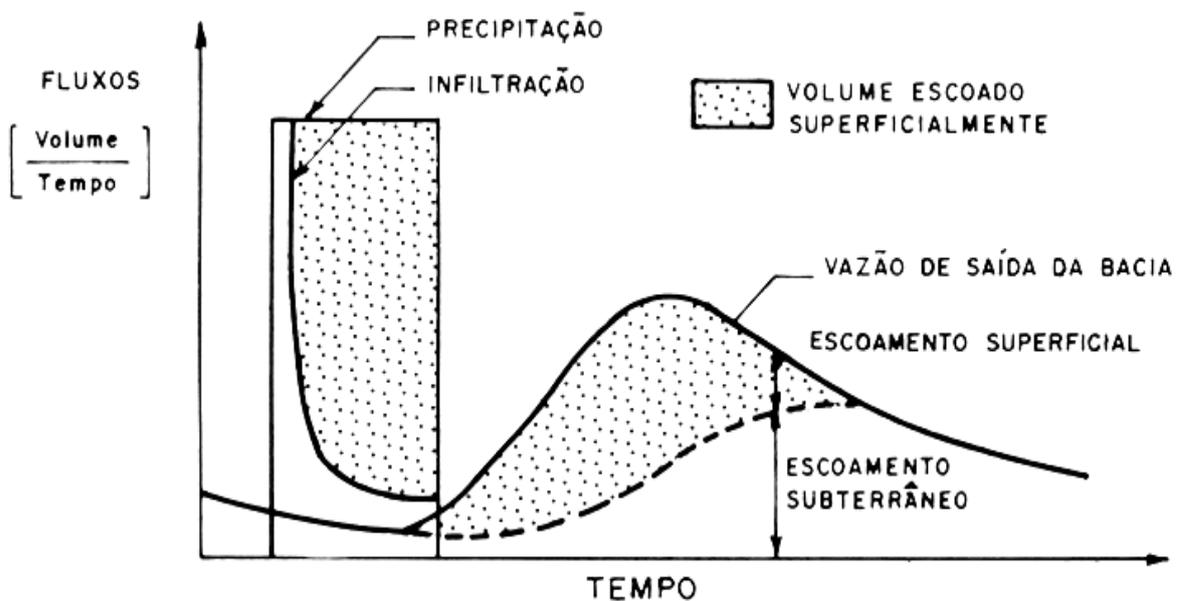


**Fonte:** Finkler, (2016).

O esquema ilustrado na Figura 12 realça o conceito de Del Prette *et al.*, (2002), onde, segundo o autor, o sistema bacia hidrográfica é entendido, estudado e definido como bacia de drenagem de uma área específica da superfície terrestre, drenada por uma calha principal e seus tributários, sendo limitada pelos divisores de água, representando um espaço com forma funcional, sendo unidade básica para estudos quantitativos, qualitativos e de fluxo de sedimentos e nutrientes.

Conforme a contextualização dada ao tema, fica entendido a bacia hidráulica como um sistema físico aberto onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, tendo como perdas intermediárias os volumes evapotranspirados, bem como os infiltrados profundamente.

Dentre os fenômenos naturais correntes em uma bacia hidráulica, o que mais interessa ao hidrólogo é a transformação da chuva em vazão. Em um evento isolado pode-se desconsiderar as perdas por evapotranspiração e infiltração, e analisar a transformação da chuva em vazão feita pela bacia com a ajuda da Figura 13, onde são representados o hidrograma (saída) e o hietograma (entrada).



**Figura 13 - Resposta hidrológica da bacia hidrográfica**

Fonte: Tucci, (2002).

De acordo com o esquema ilustrado na Figura 13, proposto por Tucci (2002), este reflete bem a função hidrológica da bacia hidrográfica que é transformar uma entrada de volume concentrada no tempo (precipitação), em uma saída de água (escoamento) de forma mais distribuída no tempo.

## **2.10 Regiões semiáridas**

Fundamentalmente as características ponderantes das regiões semiáridas são a aridez do clima, déficit hídrico, imprevisibilidade das precipitações pluviométricas e solos pobres de matéria orgânica. O prolongado período seco anual eleva a temperatura local, caracterizando a aridez sazonal. Assim, a aridez de uma região depende da quantidade de água precipitada e da temperatura que influencia a perda de água por evapotranspiração potencial.

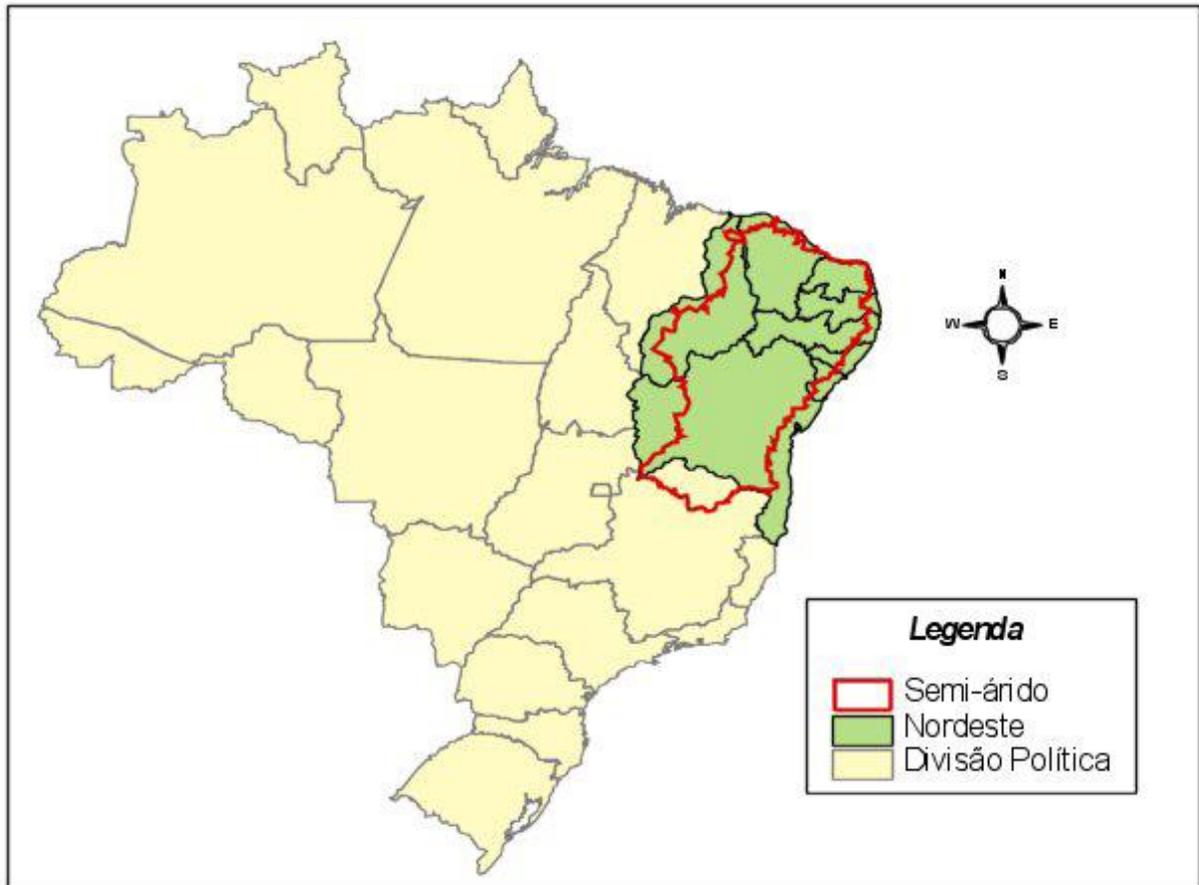
A área de domínio do Brasil que se caracteriza como região semiárida, culturalmente denominou-se sertão ou nordeste das secas. A primeira delimitação oficial destas regiões se deu em 1936, com o Polígono das Secas. O conceito técnico de semiárido decorre de uma norma da Constituição Brasileira de 1988, que define como semiáridas as áreas com precipitação média anual igual ou inferiores a 800 mm.

O Ministério da Integração Nacional atualizou em 2005 a área oficial de abrangência do semiárido, conforme a portaria nº 89, de março de 2005. Para a nova delimitação foram considerados três critérios técnicos:

- a) Precipitação anual inferior a 800 mm;
- b) Índice de aridez de 0,5, no período de 1961 e 1990, calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial;
- c) Risco de seca maior que 60% no período entre 1970 e 1990.

De acordo com a delimitação atual (Figura 14), o semiárido brasileiro abrange 1.133 municípios em uma área de 969.589,40 km<sup>2</sup>, isso corresponde a quase 90% da região nordeste mais a região setentrional do estado de Minas Gerais (LEÃO, 2008).

**Figura 14 - Semiárido no Brasil**

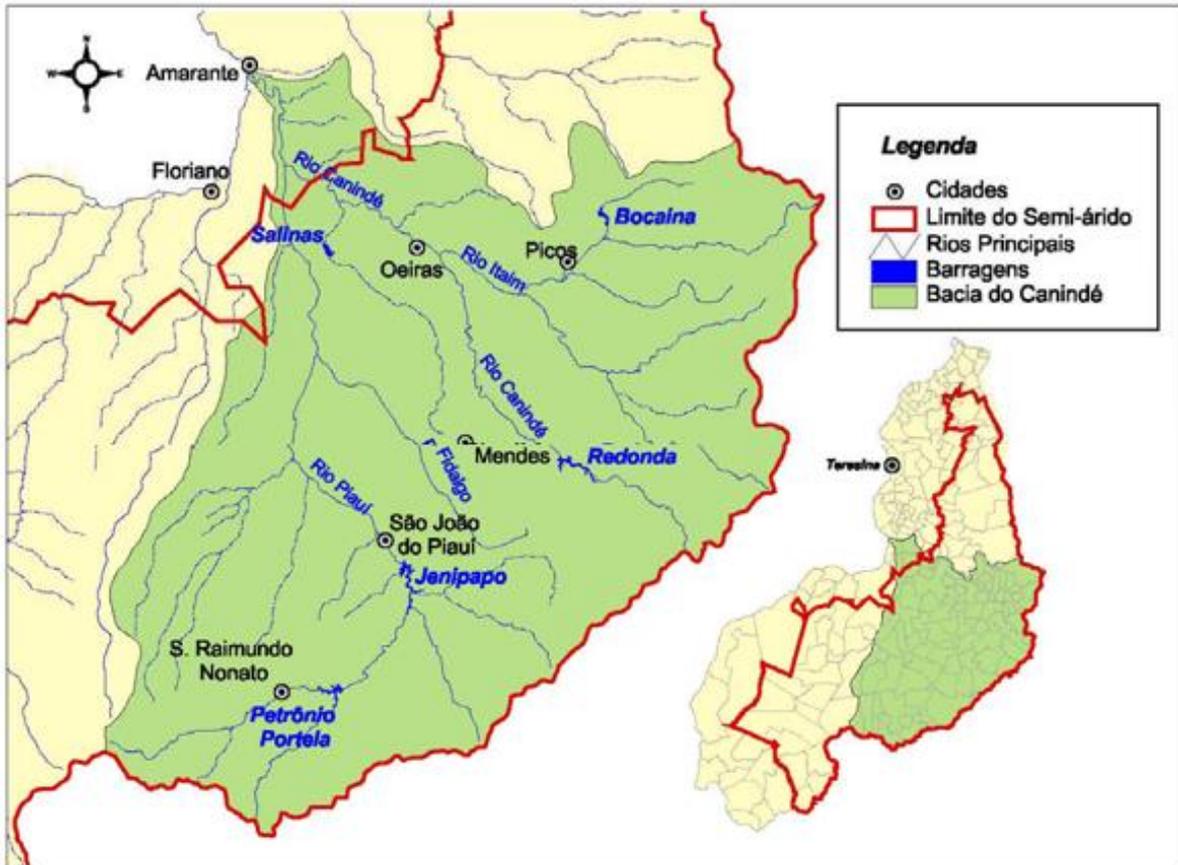


Fonte: **Leão, (2008)**.

### 2.10.1 Semiárido piauiense

No estado do Piauí, de acordo com a delimitação atual citada, a região semiárida abrange 129 municípios correspondendo a uma área de 152,49 km<sup>2</sup>, que cobre todo o limite oriental do estado. A Figura 15 ilustra a referida região e destaca a bacia do rio Canindé, que é a maior bacia hidrográfica do estado (LEÃO, 2008).

Figura 15 - Semiárido Piauiense



Fonte: Leão, (2008).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Guaribas está inserida na bacia do rio Canindé, a qual comporta dez reservatórios de médio e grande porte, dentre eles o reservatório de Bocaina, principal corpo hídrico da área deste estudo, assim uma contextualização referencial desta bacia fundamentará os indicadores relativos à bacia do rio Guaribas, objeto desta unidade de pesquisa.

### 3.1.1 Bacia hidrográfica do Rio Canindé

Sendo a maior bacia hidrográfica do estado do Piauí, a bacia do rio Canindé, destacada na figura 15, está localizada aproximadamente entre as coordenadas **5° 38' e 9° 34'** de latitude sul e entre **40° 55' e 43° 25'** de longitude a oeste de Greenwich (SEMAR/PI, 2000). A área da bacia, que corresponde a 48,3% da região semiárida do Piauí, é da ordem de 79.733 km<sup>2</sup>, correspondendo a 31,8% da área total do estado. A hidrografia desta bacia é formada pelo rio Canindé, rio principal, e seus afluentes, destacando-se os rios Piauí na margem esquerda e o Itaim, na margem direita, todos eles intermitentes.

O rio Canindé, com um curso de aproximadamente 470 km, nasce a 600 m de altitude na serra Dois Irmãos, município de Acauã, região de embasamento cristalino, da junção de várias torrentes de inverno, das quais se destacam duas, que podem ser consideradas formadoras do rio: Ingá e Chapéu. O referido rio possui vários afluentes e passa em alguns municípios piauienses, sendo que em Cajazeiras é contribuído com o rio Piauí e deságua no rio Parnaíba, no município de Amarante.

A região da bacia do Canindé é caracterizada, segundo Koppen, como pertencente ao tipo BSH, clima semiárido, que aliado à distribuição e irregularidades das precipitações, imprime nesta zona duas estações: a seca, denominada regionalmente de verão, e a chuvosa, também chamada de inverno.

O período chuvoso denominado inverno, começa em meados de novembro, prolongando-se descontinuamente até abril, quando as chuvas vão se tornando raras. O mês de março é o que apresenta, em geral, o maior índice de precipitação; o chamado verão, ou estação seca, tem início em maio e estende-se até outubro; julho e agosto são os meses mais secos.

As condições climáticas e geológicas da região condicionam praticamente toda a rede fluvial da bacia, promovendo o seu comportamento intermitente, onde a seca ocorre, geralmente, logo após os meses de maio ou junho.

Na bacia encontram-se implantadas, operando, dez barragens, sendo cinco de grande porte, com capacidade de regularização plurianual, ou seja, com capacidade de armazenar mais de 10 milhões de m<sup>3</sup> de água, são elas: Jenipapo, Bocaina, Petrônio Portela, Pedra Redonda e Salinas (Quadro 2).

**Quadro 2 - Barragens de grande porte da bacia do rio Canindé**

Barragem	Município	Rio barrado	Capacidade (x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Municípios de influência
Bocaina	Bocaina	Guaribas	106	São Luís do Piauí, Picos, Sussuapara, Santa Cruz do Piauí, Bocaina, Paquetá, São João da Canabrava.
Jenipapo	São João do Piauí	Piauí	185	São João do Piauí, São José do Peixe, Ribeira do Piauí, Capitão Gervásio de Oliveira.
Pedra Redonda	Conceição do Canindé	Canindé	216	Conceição do Canindé, São Fco de Assis, Lagoa do Barro, Queimada nova, Campo Alegre do Fidalgo, Isaias Coêlho, Simplício Mendes, Bela Vista do Piauí, Nova Santa Rita, Floresta do Piauí, Campinas do Piauí.
Petrônio Portela	São Raimundo Nonato	Piauí	181	São Raimundo Nonato, Coronel José Dias e São Lourenço. Será ampliado para os municípios: Anísio de Abreu, São Brás do Piauí, Jurema, Várzea Branca, Dirceu Arcoverde e Bonfim do Piauí.
Salinas	São Fco do Piauí	Salinas	385	Nazaré do Piauí, São Fco do Piauí, Oeiras, Colônia do Piauí, São João da Varjota, Santo Inácio do Piauí.

**Fonte:** SEMARH - PI, (2010).

Em termos fluviométricos, no geral os rios da bacia Canindé/Piauí apresentam regime de intermitência, decorrente da formação geológica e geomorfológica da bacia, visto que os cursos d'água mais importantes nascem no embasamento cristalino, com fraca condição de retenção da água, acrescido do fato da bacia localizar-se em região semiárida, com baixíssimas e irregulares precipitações. Ao percorrerem a bacia sedimentar os rios eventualmente podem adquirir caráter de perenidade, pois, passam a receber contribuição de água subterrânea fornecida pelos aquíferos principais, como o Serra Grande e Cabeças.

A orientação geral dos cursos d'água se faz em direção à calha do rio Parnaíba, porém seus trajetos são controlados pela estruturação transversal das rochas por onde passam, o que confere à bacia uma forma de leque.

### 3.1.2 Bacia hidrográfica do rio Guaribas

Além dos diversos conceitos apresentados, a bacia hidrográfica, segundo Botelho (1999), ainda pode ser concebida como uma unidade natural de análise da superfície terrestre, onde é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação. Inclui-se, nessa abordagem, a indicação de utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, por apresentar uma delimitação precisa, correspondendo a certa uniformidade de fatores morfo-climáticos e sócio-ambientais.

A Bacia Hidrográfica do rio Guaribas (Figura 16), que tem como curso d'água principal o rio homônimo, situa-se integralmente na região semiárida piauiense, entre os paralelos **06° 50' e 07° 24'** de latitude sul e entre os meridianos **40° 18' e 41° 48'** de longitude a oeste de Greenwich. É uma das onze bacias hidrográficas piauienses classificadas pela Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMARH. Processam o quadro hidrológico do Estado as seguintes bacias: Alto Parnaíba, Baixo Parnaíba, Canindé, Guaribas, Gurguéia, Itaueira, Litorâneas, Longá, Médio Parnaíba, Piauí e Poti.

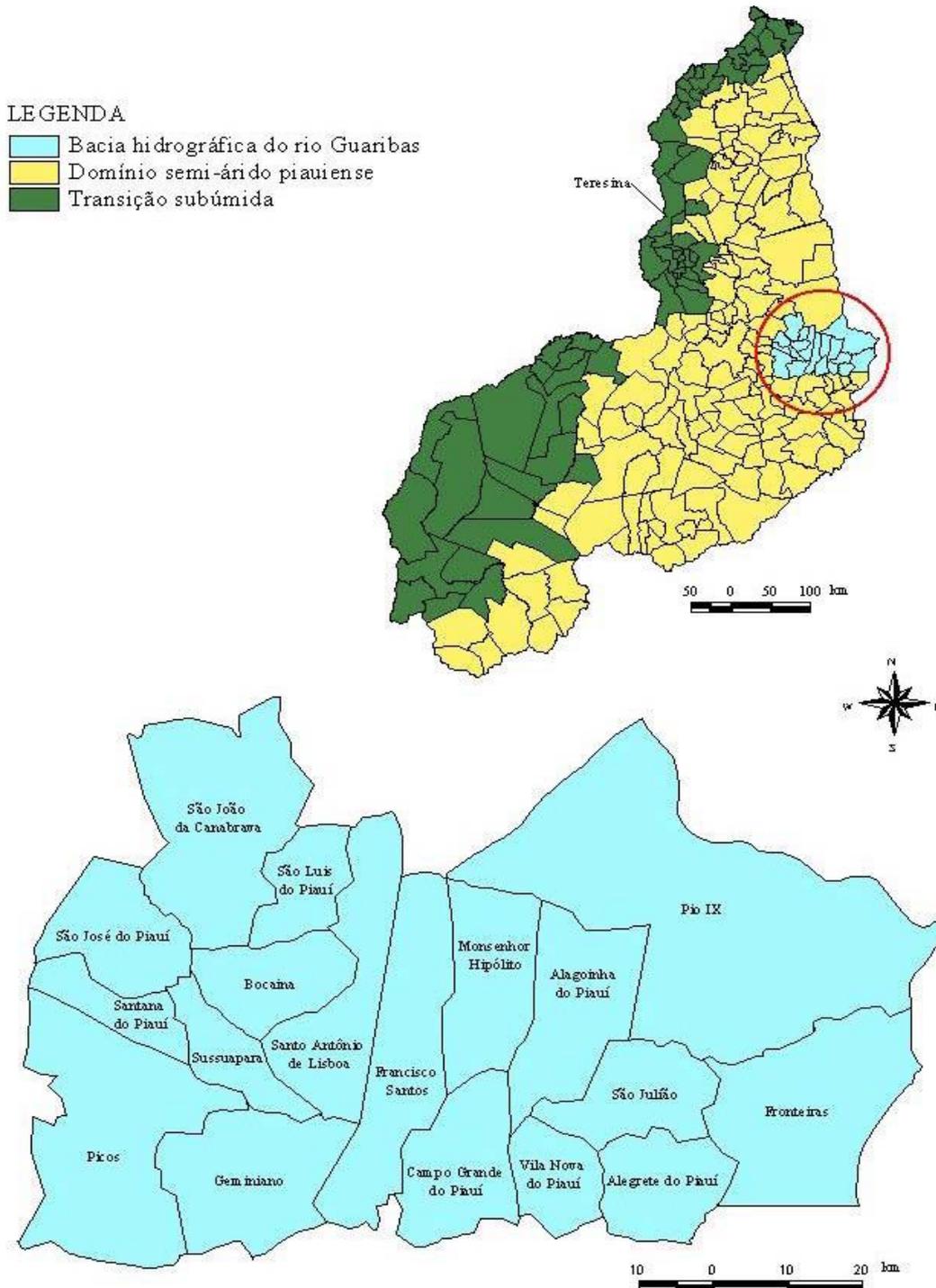
**Figura 16 - Bacia hidrográfica do rio Guaribas**



**Fonte:** SEMAR - PI, (2000).

A presente bacia hidrográfica, banhada pelo rio Guaribas e seus afluentes, ocupa uma área de contato da estrutura geológica dos escudos cristalinos com a bacia sedimentar do Parnaíba, nos limites dos estados do Piauí, Pernambuco e Ceará, no limite sul da costa da Ibiapaba e oeste da Chapada do Araripe (CPRM, 2006). Situada na mesorregião sudeste piauiense e banhando dezoito municípios, a bacia hidrográfica do rio Guaribas possui 8.415 km<sup>2</sup>, correspondendo a aproximadamente 3,35% da área total do estado (Figura 17).

**Figura 17 - Divisão político-administrativa da bacia do rio Guaribas**



**Fonte:** Silva Filho, (2004).

A bacia hidrográfica do rio Guaribas compõe-se de nove sub-bacias (Quadro 3), formadas por cursos d'água menores e intermitentes, dentre os quais destacam-se o riacho Pitombeira, o riacho Canabrava, o riacho Grotão, o riacho São João e o

rio Riachão, que desembocam no rio Guaribas. Este, por sua vez, perenizado pela barragem de Bocaina, é afluente do rio Itaim, que deságua no rio Canindé, um dos principais formadores do rio Parnaíba, segundo maior rio nordestino, com uma extensão de 1.485 km.

**Quadro 3 - Bacia do Guaribas, segundo as sub-bacias e municípios - 2000**

Sub-Bacia	Municípios
Angical Vigia	Picos
Barragem	Bocaina
Canabrava	São João da Canabrava
Grotão	São Luís do Piauí
Guaribas	Paquetá
Lagoa Grande	Santana do Piauí
	Santo Antônio de Lisboa
	São José do Piauí
	Sussuapara
Pitombeira	Bocaina
Riachão	Alagoinha do Piauí
	Fronteiras
	Francisco Santos
	Monsenhor Hipólito
	Pio IX
São João	São Julião
	Alegrete do Piauí
	Campo Grande do Piauí
	Geminiano
	Vila Nova do Piauí

**Fonte:** SEMAR - PI, (2000).

A temperatura média anual da região em questão é da ordem de 27,3 °C, observando-se as médias elevadas na primavera (setembro/outubro) e as mais baixas, no outono (março/maio). A umidade relativa média anual é de 59,4%. Os maiores índices ocorrem entre março e abril, e os menores entre setembro e outubro. A insolação total média anual é de 2.406,4 horas. O quadro 4 apresenta um resumo de algumas características físicas importantes da referida bacia, e do seu curso d'água principal.

**Quadro 4 - Características físicas da bacia do rio Guaribas**

Características	Unidade	Rio Guaribas
Área de contribuição	km <sup>2</sup>	8.432,00
Perímetro	km	528,70
Comprimento do curso d'água principal	km	209,20
Declividade do curso d'água principal	m/km	2,10

**Fonte:** O Autor, (2016).

As nascentes principais do rio Guaribas encontram-se no prolongamento da Serra do Batista, limite sul da costa da Ibiapaba (que localmente recebe o nome de Serra Grande), com cerca de 600 metros de altitude, no município de Pio IX. De acordo com a literatura, o rio Guaribas é um dos importantes afluentes da margem direita do médio curso do rio Itaim, afluente do rio Canindé, sendo seu principal afluente pela margem esquerda o rio Riachão, que apresenta uma extensão maior do que a do rio principal, e também tem suas nascentes no município de Pio IX, em altitude semelhante, tendo sua foz no rio Guaribas, próxima à cidade de Bocaina, na localidade Barras (CPRM, 2006).

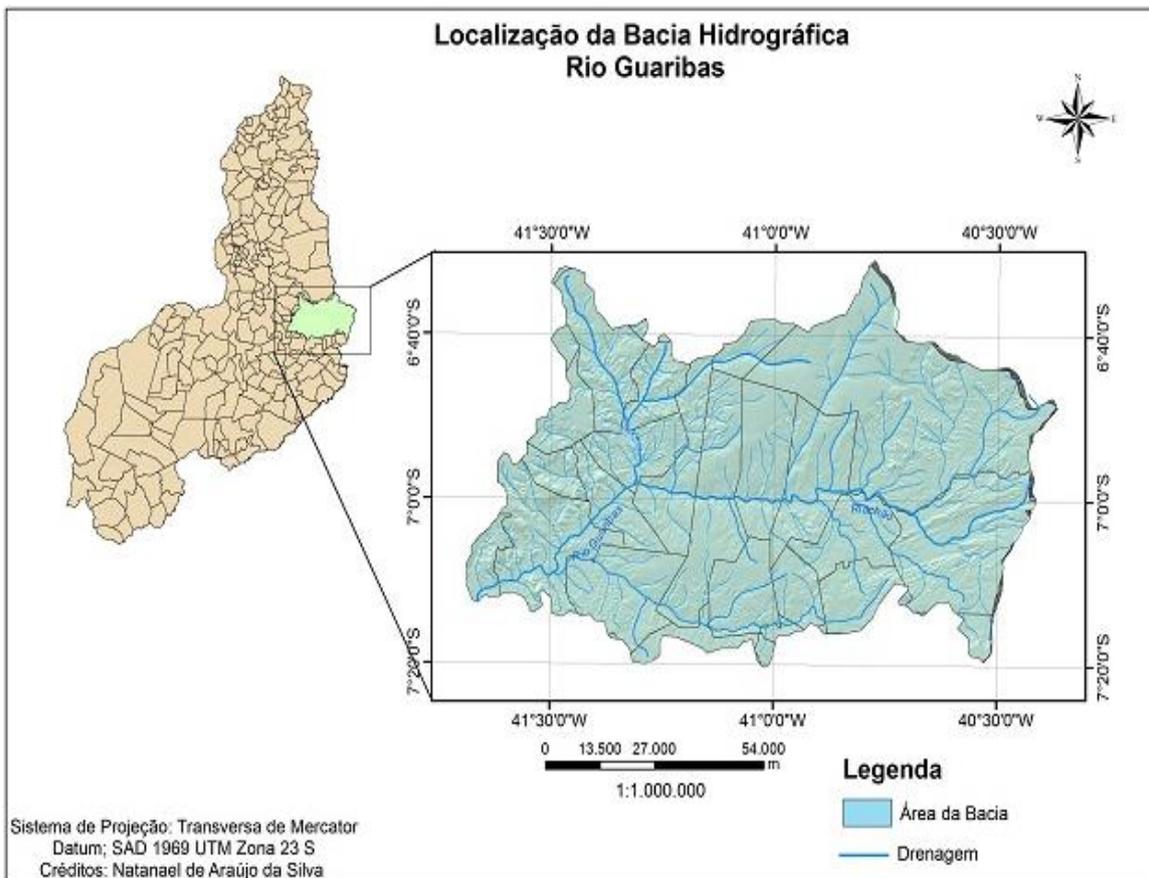
De acordo com a literatura, em análise aos rios Guaribas e Riachão, considerando a extensão e direção geral desses dois rios, o rio Riachão, em todo o seu percurso, segue a mesma direção geral do rio Canindé (de leste para oeste), sendo seu canal bem mais extenso que o do rio Guaribas que tem direção geral de nordeste para sudoeste, diferente, portanto, da direção geral do Canindé.

Observando a distribuição da drenagem dessa bacia hidrográfica verifica-se, ainda, que a partir de onde o rio Guaribas assume o eixo principal dessa drenagem ocorre uma forte assimetria na área da bacia, sendo apenas de cerca 25% a área da sua margem direita do total da área da margem esquerda, onde se localiza a sub-bacia do rio Riachão. Entretanto, ao se considerar o rio Riachão como o rio principal dessa bacia, e o Guaribas seu afluente, observa-se que ocorre uma simetria entre a

área das margens direita e esquerda e, portanto, uma distribuição mais uniforme dos afluentes nas duas margens por toda a área dessa bacia hidrográfica, como pode ser constatado na Figura 18.

Desta forma, ainda que o Riachão seja considerado apenas um afluente, o mesmo apresenta características que poderiam defini-lo como canal principal dessa bacia hidrográfica. No entanto, a população local e a literatura referente a essa drenagem, considera o rio Guaribas como eixo principal da bacia hidrográfica, como consequência do processo histórico de povoamento da região e da importância socioeconômica que esse rio assume na microrregião de Picos - PI, importante polo econômico-social piauiense.

**Figura 18 - Localização da Bacia hidrográfica do Rio Guaribas**



Fonte: SEMAR - PI, (2000).

### 3.1.3 Recursos hídricos locais

Os recursos hídricos superficiais da área de estudo estão relacionados à bacia hidrográfica do Piauí/Canindé, na sub-bacia do rio Guaribas, sendo este barrado no município de Bocaina - PI e formando um reservatório com capacidade de acumulação de 106.000.000 de m<sup>3</sup> de água, constituindo a maior reserva de água da sub-bacia do rio Guaribas. O reservatório não tem estudo de enquadramento de suas águas e, portanto, por força legal, fica sendo considerado como de classe 2. O comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Piauí e Canindé foi criado pelo Decreto Estadual 13.585/2009, datado de 18 de março 2009, abrangendo 94 municípios.

O rio Guaribas é um rio intermitente, localizado no sudeste do estado do Piauí, drenando área de uma região semiárida. A jusante do reservatório de Bocaina apresenta-se perenizado pela descarga de fundo que atinge mais de 50 km de extensão, com os benefícios da perenização, servindo para irrigação de mais de 50 pequenos projetos, dessedentação de animais da fauna silvestre e doméstica e como corpo receptor para esgotos domésticos *in natura* e tratados da cidade de Picos - PI.

Quanto à disponibilidade hídrica subterrânea da área de estudo, o aquífero Serra Grande representa a maior e principal reserva disponível, sendo o último aquífero granular da bacia sedimentar do Parnaíba, o qual já é explorado no município de Picos em condições artesianas, apresentando poços jorrantes ao longo da borda oriental da referida bacia.

O aquífero Serra Grande, em pleno abastecimento regional, apresenta vazões que variam de 25 m<sup>3</sup>/h a 100 m<sup>3</sup>/h. As águas deste aquífero têm características químicas favoráveis ao consumo humano sem qualquer tratamento e são classificadas como carbonatadas e ligeiramente alcalinas, apresentando baixo teor de resíduo seco, sendo consideradas, portanto, como águas “moles”.

Em Picos a exploração está muito intensa e já há indícios de super-exploração com a formação de cones de depleção e rebaixamento do nível potenciométrico em mais de 30m.

### 3.1.3.1. *Barragem de Bocaina*

O território piauiense está localizado na zona de transição entre a região norte e a região semiárida do nordeste do Brasil. O sudeste do Piauí, onde se encontra a barragem de Bocaina, é a região mais crítica do estado em termos de disponibilidade hídrica, e se caracteriza por uma extrema irregularidade das chuvas que se concentram praticamente em três meses do ano.

A barragem de Bocaina foi construída sob a responsabilidade do DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - e executado pelo 2º Batalhão de Engenharia de Construção, com o objetivo, dentre outros aspectos, de regularizar o rio Guaribas. Conforme o projeto executivo da barragem, apresentado pela empresa Hidroterra, a área estimada pelos estudos de viabilidade atinge 2.000 (dois mil) hectares irrigáveis, com excelentes condições físicas e químicas para uso intensivo de irrigação, contemplando os municípios de Bocaina, Sussuapara e Picos.

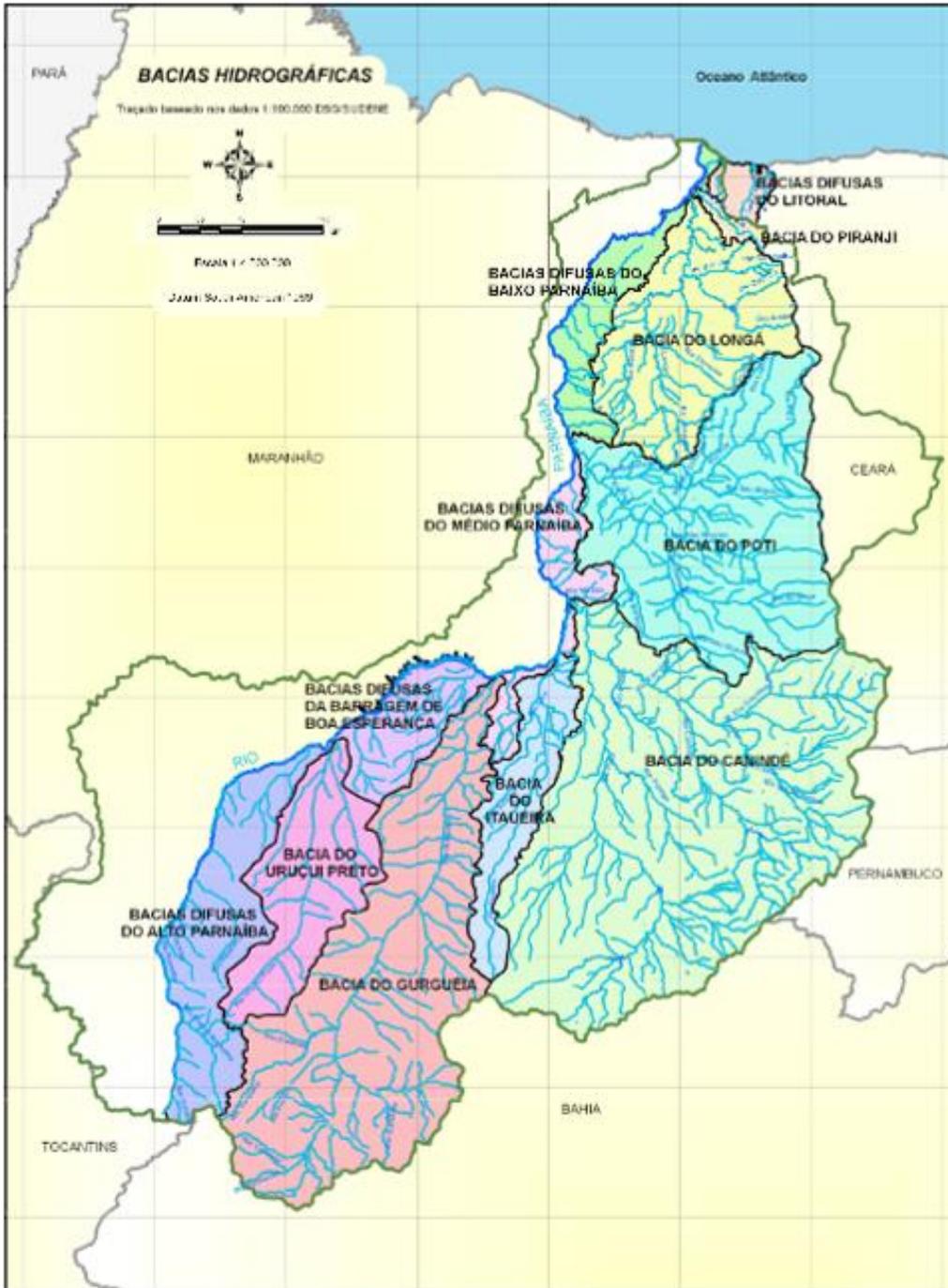
Constitui-se em um sistema hídrico de usos múltiplos cuja bacia hidráulica tem 1.100 ha de área e capacidade volumétrica equivalente a 106.000.000 de metros cúbicos. Nivelada a 300 metros acima do mar, a barragem está localizada na bacia hidrográfica do rio Guaribas, que é uma sub bacia do rio Canindé, conforme a divisão das bacias hidrográficas do estado do Piauí (Figura 19).

A referida represa foi construída para auxiliar as comunidades do município de Bocaina, e de locais adjacentes nos períodos de seca. Em virtude da baixa vazão liberada à época dos estudos, os produtores rurais da comunidade Torrões e regiões próximas, situadas cerca de 30 km após a cidade de Picos, praticamente não tinham acesso à água. Verificava-se, claramente, uma situação típica de falta de gerenciamento dos recursos hídricos e conflito entre os vários usuários. Daí a necessidade de se estabelecer regras de operação que atendam aos usos múltiplos.

A barragem de Bocaina visa a regularização da vazão para fins de uso agrícola, irrigação do vale a jusante do barramento, abastecimento público e amortização de cheias. Os estudos hidrológicos da bacia foram realizados pela empresa Hidroterra S.A., onde foi determinado a cheia de projeto do sangradouro, e traçado a curva de frequência de cheias. A cheia centenária é da ordem de 850 m<sup>3</sup>/s e a milenar cerca de 2190 m<sup>3</sup>/s.

Atualmente, além da perenização do rio Guaribas, a barragem atende a demandas para uso agrícola, irrigação, controle de cheias, piscicultura em tanques-rede e lazer. Hoje representa a maior unidade de produção de água bruta na microrregião de Picos, sudeste do Piauí.

**Figura 19 - Divisão das bacias hidrográficas do estado do Piauí**



Fonte: SEMAR - PI, (2010).

Ainda, quanto às demandas da barragem, já se encontra implantado e em fase de inicialização de operação o Sistema Adutor Bocaina - Picos, que visa minimizar os efeitos produzidos pela falta de água de boa qualidade nas cidades abastecidas pela adutora, além da preservação do aquífero Serra Grande, que abastece atualmente as cidades da região.

A captação de água bruta do referido sistema no reservatório de Bocaina é do tipo flutuante. As águas captadas serão recalçadas diretamente para uma Estação de Tratamento de Água (ETA), localizada entre o açude e a cidade de Bocaina. Após o tratamento, as águas serão recalçadas para uma Torre Piezométrica situada na área da ETA, de onde serão conduzidas por gravidade até um Reservatório Apoiado de Distribuição (RAD), localizado na cidade de Picos. No trecho entre a ETA e cidade de Picos haverá duas derivações por gravidade para atender as cidades de Bocaina e Sussuapara.

As demandas para cada cidade atendida pelo sistema adutor, estão plotadas na Tabela 4 até o fim do horizonte do projeto que é 2041.

**Tabela 4 - Evolução das vazões de projeto das cidades integradas ao Sistema Adutor de Bocaina**

ANO	Bocaina		Sussuapara		Picos	
	Média (L/s)	Máx.dia (L/s)	Média (L/s)	Máx.dia (L/s)	Média (L/s)	Máx.dia (L/s)
2011	3.200	3.840	2.964	3.557	188.480	226.176
2012	3.240	3.888	3.024	3.628	191.145	229.374
2013	3.280	3.936	3.084	3.701	193.848	232.617
2014	3.321	3.985	3.146	3.775	196.589	235.906
2015	3.362	4.035	3.209	3.851	199.368	239.242
2016	3.404	4.085	3.274	3.928	202.187	242.625
2017	3.446	4.136	3.339	4.007	205.046	246.055
2018	3.489	4.187	3.406	4.087	207.946	249.535
2019	3.533	4.239	3.475	4.169	210.886	253.063
2020	3.577	4.292	3.544	4.253	213.868	256.641
2021	3.621	4.345	3.615	4.338	216.892	260.270
2022	3.666	4.399	3.688	4.425	219.959	263.950
2023	3.712	4.454	3.762	4.514	223.069	267.683
2024	3.758	4.509	3.837	4.605	226.223	271.468
2025	3.804	4.565	3.914	4.697	229.422	275.306
2026	3.852	4.622	3.993	4.791	232.666	279.199
2027	3.900	4.680	4.073	4.887	235.956	283.147
2028	3.948	4.738	4.155	4.986	239.292	287.151
2029	3.997	4.797	4.238	5.086	242.676	291.211
2030	4.047	4.856	4.323	5.188	246.107	295.328
2031	4.097	4.917	4.410	5.292	249.587	299.504
2032	4.148	4.978	4.498	5.398	253.116	303.739
2033	4.200	5.040	4.588	5.506	256.695	308.034
2034	4.252	5.102	4.680	5.617	260.325	312.390
2035	4.305	5.166	4.774	5.729	264.006	316.807
2036	4.358	5.230	4.870	5.844	267.739	321.287
2037	4.413	5.295	4.968	5.961	271.525	325.830
2038	4.467	5.361	5.067	6.081	275.364	330.437
2039	4.523	5.428	5.169	6.203	279.258	335.109
2040	4.579	5.495	5.273	6.327	283.206	339.847
2041	4.636	5.563	5.379	6.454	287.211	344.653

Fonte: SEMAR - PI, (2000).

Em síntese, a barragem de Bocaina teve suas obras iniciadas em 1981 e foi concluída em março de 1985, sendo considerada uma das maiores obras hídricas construídas pelo Exército. Está localizada a aproximadamente 6 km da cidade de Bocaina e barra o rio Guaribas. Sua bacia hidráulica conta com uma área de aproximadamente 11.000 m<sup>2</sup> e o reservatório formado tem a capacidade de acumulação máxima de 106 hm<sup>3</sup>. A bacia hidrográfica abrange uma área de aproximadamente 1.000 km<sup>2</sup>. A barragem, de terra compactada, tem uma altura máxima de 57,5 m e comprimento de 356 m. O sangradouro possui uma largura de 25 m. A capacidade de regularização do reservatório é de 341 L/s com uma garantia de abastecimento de 100%. As Figuras 20a, 20b e 20c ilustram alguns dos elementos citados da barragem.

Figura 20 - (a) Bacia hidráulica do reservatório de Bocaina; (b) Vista superior do reservatório de Bocaina; (c) Vista superior do barramento de Bocaina

(a)



Fonte: Google earth, (2016).

(b)



Fonte: Google earth, (2016).

(c)



Fonte: Google earth, (2016).

### 3.2 Dados da pesquisa

A configuração da bacia hidrográfica do rio Guaribas quanto à disponibilidade hídrica, aspectos físicos, biológicos e formação cultural, tem sido estudada desde a metade da década de 1990. Um dos principais programas realizados foi o Water Availability and Ecological, Climatic and Socio-Economic Interactions in Subhumid and Semi-Arid Northeastern Brazil - WAVES, em que fizeram parte a Universidade Federal do Piauí, em cooperação científica com a Universidade Federal do Ceará, universidades alemãs e o Governo do Estado, através do seu departamento de hidrometeorologia.

Os diferentes projetos implementados pelo WAVES e outros programas instituíram uma variedade de critérios para delimitar as unidades político-administrativas que estariam inseridas na área de influência da referida Bacia. Nesta pesquisa, adotou-se a metodologia aplicada no “*Estudo para cobrança de água no estado do Piauí*”, de Lanna e Rocha (2001), o qual considera pertencente à bacia do Guaribas, os municípios cuja área esteja total ou parcialmente incluída na bacia. No caso de um município estender-se por mais de uma bacia o procedimento utilizado foi identificar aquela em que se encontra a sede municipal ou aquela na qual está o

centro de gravidade do município. A adoção do centro de gravidade garante mais integridade da área municipal dentro da bacia, o que assegura maior representatividade.

Desta forma, são considerados integrantes da bacia do Guaribas, para os anos de 2000 e 2010, 18 municípios: Alagoinha do Piauí, Alegrete do Piauí, Bocaina, Campo Grande do Piauí, Francisco Santos, Fronteiras, Geminiano, Monsenhor Hipólito, Picos, Pio IX, Santana do Piauí, Santo Antônio de Lisboa, São João da Canabrava, São José do Piauí, São Julião, São Luís do Piauí, Sussuapara e Vila Nova do Piauí.

Historicamente, todos os municípios da bacia se originaram de três municípios mais antigos: Oeiras, Picos e Jaicós. Segundo a literatura, o desmembramento dessas unidades se iniciaram nos anos de 1930, se intensificando entre 1960 e 1964, e a partir de 1986. Diante de todas essas emancipações, a cidade de Picos manteve-se como zona de influência e confluência nos aspectos econômicos, políticos e sociais da região.

Esse fato se deve à combinação de vários fatores: rede hidrográfica que corta favoravelmente o município; sistema viário e de transporte que faz dele um grande entroncamento de eixos rodoviários nacionais; forte atuação do setor bancário, dinâmico comércio atacadista de compra e venda, rede de apoio de comércio e prestação de serviços; assistência de serviços governamentais de saúde, educação, assistência técnica e extensão rural, segurança pública, abastecimento d'água, energia elétrica e comunicações.

Neste estudo, para os anos de 2000 e 2010, foram selecionados todos os municípios que integram a bacia do rio Guaribas, e as informações sobre as populações foram obtidas na base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Os dados coletados relativos às populações municipais da bacia hidrográfica em estudo, estão apresentados por sexo e por domicílio urbano e rural para cada município, bem como para a bacia hidrográfica do Guaribas e o estado do Piauí como um todo. De acordo com o IBGE, para os anos de 2000 e 2010, os 18 municípios que integram a bacia do rio Guaribas apresentam, para estes dados, os status mostrados nas Tabelas 5 e 6 respectivamente.

**Tabela 5 - População residente, por domicílio e sexo, segundo os municípios da bacia hidrográfica do rio Guaribas e do estado do Piauí - 2000**

Unidade Geográfica	Área (Km <sup>2</sup> )	População residente					Densidade Demográfica
		Total	Homens (%)	Mulheres (%)	Urbana (%)	Rural (%)	
Alagoinha do Piauí	429,4	6.868	49,80	50,20	28,36	71,64	16,0
Alegrete do Piauí	263,7	4.713	50,65	49,35	56,48	43,52	17,9
Bocaina	275,0	4.208	48,41	51,59	35,48	64,52	15,3
Campo Grande do Piauí	342,2	4.882	51,56	48,44	24,17	75,83	14,3
Francisco Santos	566,4	7.043	50,58	49,42	47,62	52,38	12,4
Fronteiras	786,4	10.012	49,23	50,77	57,39	42,61	12,7
Geminiano	466,8	4.790	49,90	50,10	17,52	82,48	10,3
Monsenhor Hipólito	375,3	6.764	50,64	49,36	38,88	61,12	18,0
Picos	819,5	68.974	48,12	51,88	76,18	23,82	84,2
Pio IX	1.988,4	16.505	49,46	50,54	25,92	74,08	8,3
Santana do Piauí	155,7	4.595	49,68	50,32	38,15	61,85	29,5
Santo Antônio de Lisboa	406,9	5.154	49,81	50,19	65,27	34,73	12,7
São João da Canabrava	581,7	4.240	48,07	51,93	29,36	70,64	7,3
São José do Piauí	287,7	6.706	50,58	49,42	28,30	71,70	23,3
São Julião	291,8	5.700	49,58	50,42	37,44	62,56	19,5
São Luís do Piauí	204,4	2.488	49,44	50,56	23,87	76,13	12,2
Sussuapara	208,7	5.042	49,29	50,71	23,62	76,38	24,2
Vila Nova do Piauí	179,2	2.906	51,82	48,18	17,21	82,79	16,2
<b>Bacia</b>	<b>8.629,2</b>	<b>171.590</b>	<b>49,16</b>	<b>50,84</b>	<b>52,08</b>	<b>47,92</b>	<b>19,9</b>
<b>Piauí</b>	<b>251.311,5</b>	<b>2.843.278</b>	<b>49,18</b>	<b>50,82</b>	<b>62,91</b>	<b>37,09</b>	<b>11,3</b>

**Fonte:** IBGE, Censo Demográfico (2000).

**Tabela 6 - População residente, por domicílio e sexo, segundo os municípios da bacia hidrográfica do rio Guaribas e do estado do Piauí - 2010**

Unidade Geográfica	Área (km <sup>2</sup> )	População residente					Densidade Demográfica
		Total	Homens (%)	Mulheres (%)	Urbana (%)	Rural (%)	
Alagoinha do Piauí	535,8	7.341	50,17	49,83	36,36	63,64	13,7
Alegrete do Piauí	259,8	5.153	49,60	50,40	55,06	44,94	19,8
Bocaina	268,6	4.369	49,19	50,81	39,96	60,04	16,3
Campo Grande do Piauí	311,8	5.592	50,77	49,23	28,06	71,94	17,9
Francisco Santos	491,9	8.592	51,01	48,99	46,31	53,69	17,5
Fronteiras	760,5	11.117	49,28	50,72	65,56	34,44	14,6
Geminiano	455,7	5.475	50,70	49,30	22,21	77,79	12,0
Monsenhor Hipólito	401,4	7.391	50,26	49,74	47,15	52,85	18,4
Picos	577,3	73.414	47,76	52,24	79,42	20,58	127,2
Pio IX	1.947,2	17.671	49,91	50,09	29,94	70,06	9,1
Santana do Piauí	111,1	4.917	48,79	51,21	39,43	60,57	44,3
Santo Antônio de Lisboa	387,4	6.007	49,54	50,46	65,26	34,74	15,5
São João da Canabrava	480,3	4.445	49,22	50,78	27,74	72,26	9,3
São José do Piauí	364,9	6.591	49,78	50,22	29,27	70,73	18,1
São Julião	291,1	5.675	49,85	50,15	41,02	58,98	19,5
São Luís do Piauí	220,4	2.561	49,28	50,72	31,78	68,22	11,6
Sussuapara	202,8	6.229	49,75	50,25	25,40	74,60	30,7
Vila Nova do Piauí	221,7	3.076	51,24	48,76	24,67	75,33	13,9
<b>Bacia</b>	<b>8.289,6</b>	<b>185.616</b>	<b>49,06</b>	<b>50,94</b>	<b>55,43</b>	<b>44,57</b>	<b>22,4</b>
<b>Piauí</b>	<b>251.611,9</b>	<b>3.118.360</b>	<b>49,01</b>	<b>50,99</b>	<b>65,77</b>	<b>34,23</b>	<b>12,4</b>

**Fonte:** IBGE, Censo Demográfico (2010).

De acordo com o IBGE para os anos de 2000 e 2010, os municípios que compõem a bacia do rio Guaribas somam uma área média de 8.459,4 km<sup>2</sup>, que equivale a aproximadamente 3,36% da área total do estado.

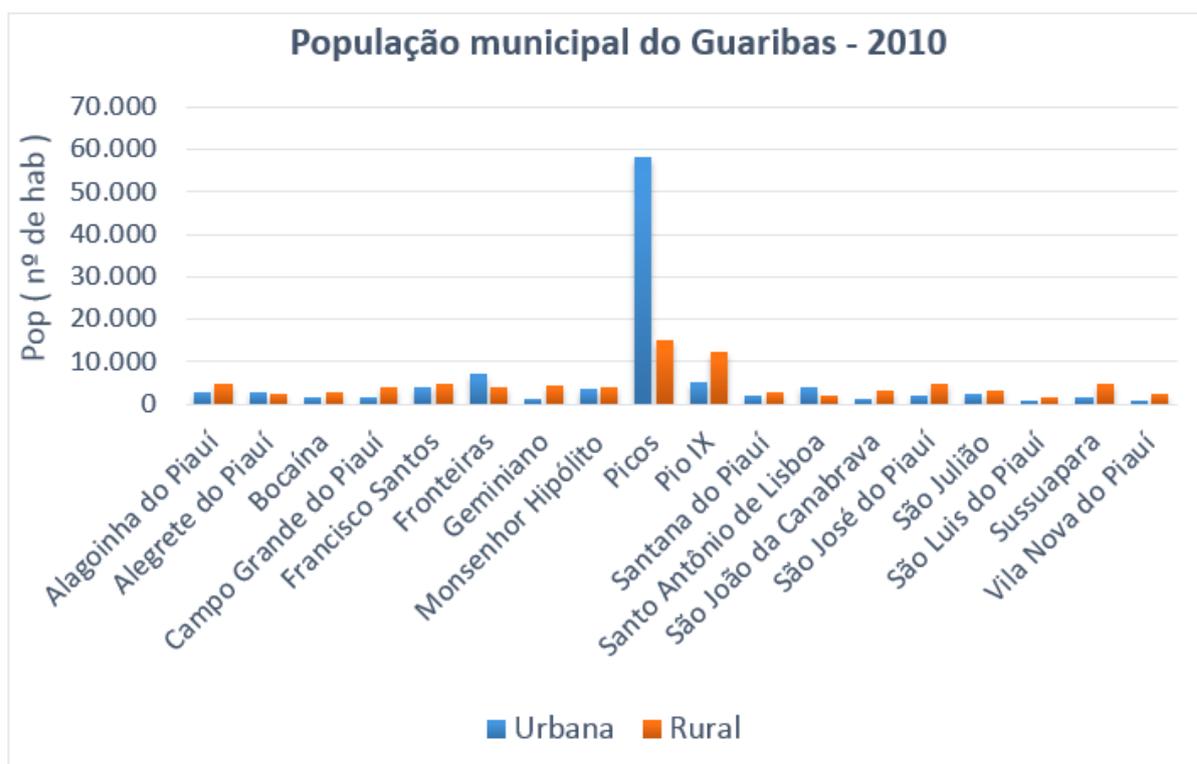
Os dados mostram que em dez anos a população da referida bacia teve um incremento populacional de 14.026 habitantes, totalizando em 2010 o montante de 185.616 pessoas, correspondendo neste ano a 5,95% da população piauiense. Nesse período o número de homens e mulheres praticamente não se alterou, permanecendo a mesma proporção de aproximadamente 49% e 51% respectivamente, para a bacia hidrográfica e todo Piauí.

A predominância da população urbana ao fim do período citado (55,43%), deve-se ao município de Picos, que possui 56,67% do total, com uma taxa de urbanização de 79,42%.

Dessa forma, para o ano de 2010, desconsiderando o município de Picos, que distorce a análise da configuração demográfica da área, a bacia do Guaribas apresenta uma composição rural, com 60,26% da população vivendo no campo, enquanto apenas 39,74% das pessoas estão fixadas no perímetro urbano das cidades. Neste contexto, ainda desconsiderando o município de Picos pelo fato já citado, a população urbana da referida bacia teve, no período em análise, um incremento de apenas 3,87% passando de 35,87% para 39,74%.

Em termos urbanos, do conjunto dos 18 municípios, em apenas 4 a população urbana excede a rural (Alegrete do Piauí, Fronteiras, Picos e Santo Antônio de Lisboa), os demais demonstram situação inversa (Figura 21). Cabe considerar, ainda, que 50% desses municípios têm mais de 70% da sua população no campo, tornando-a mais passível da ausência, dentre outros, de serviços de educação e saúde, mais presentes nas cidades.

**Figura 21 - Perfil populacional da bacia do Guaribas - 2010**



**Fonte:** IBGE, Censo Demográfico (2010), adaptado pelo autor.

Há uma discrepância acentuada entre esses municípios que se mostra pela densidade demográfica. Esses dados refletem a pressão humana sobre o ambiente, e mostram uma situação bastante crítica em Picos onde a densidade é de 127,2 hab/km<sup>2</sup>. Esse valor é 5,7 vezes maior que o valor médio da bacia e 10,3 vezes a média obtida para todo o estado do Piauí.

Neste contexto, a bacia do Guaribas apresenta municípios com realidades bastante distintas. Têm-se, na mesma região, um dos polos de desenvolvimento do estado detentor de condições ambientais precárias e, em um outro extremo, municípios recém desmembrados, com infraestrutura precária, configuração populacional predominantemente rural e meio natural mais preservado.

### **3.3 Amostragem do estudo**

O software utilizado para o cálculo da PH da bacia em estudo foi o Quick Calculator, disponível no site da Water Footprint Network. As variáveis de entrada neste aplicativo se definem em três classes distintas que são os hábitos alimentares, o sexo e a renda *per capita* anual. Em termos da população local, base de dados dessa pesquisa, a amostra integra todo o universo do estudo, uma vez que os 18 municípios inseridos na bacia entram na computação do referido cálculo. Com relação ao hábito alimentar da população, para o cálculo da PH, importa a condição de ser o habitante vegetariano, alto consumidor de carne vermelha ou médio consumidor de carne vermelha. Para a definição dessa classe de dado foi aplicada uma pesquisa estruturada nos municípios com mais de 6.000 habitantes, totalizando 9 municípios, que correspondem a 50% do total, mas que representam 77,80% de toda população da bacia em estudo para o ano de 2010.

Contextualmente os municípios pesquisados são os mais expressivos para a bacia em estudo, não só por apresentarem os maiores índices populacionais, mas também pelo histórico socioeconômico, tendo como destaque o município de Picos, já aqui caracterizado. Nesse aspecto, em termos relativos, os nove municípios pesquisados, plotados na tabela seguinte (Tabela 7), representam a real expressão de impacto da PH regional local quanto ao hábito alimentar, uma vez que detém praticamente 80% da população, 68,40% da área total de estudo e 84,70% de toda a renda anual regional.

A referida pesquisa foi aplicada por domicílio, segundo um questionário (apêndice I) distribuído uniformemente à população urbana de cada município pesquisado, sendo aplicados 300 questionários por município, totalizando 2.700 questionários aplicados nos nove municípios pesquisados, quanto a esta classe de dado.

**Tabela 7 - Municípios pesquisados quanto ao hábito alimentar**

<b>Amostragem municipal - 2010</b>				
<b>Município</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>População</b>	<b>Renda total anual (R\$)</b>	<b>Per capita anual (R\$)</b>
Alagoinha do Piauí	535,81	7.341	22.155.138,00	3.018,00
Francisco Santos	491,86	8.592	38.035.065,60	4.426,80
Fronteiras	760,51	11.117	55.017.143,64	4.948,92
Monsenhor Hipólito	401,43	7.391	31.197.411,00	4.221,00
Picos	577,30	73.414	564.630.010,56	7.691,04
Pio IX	1.947,21	17.671	58.450.013,28	3.307,68
Santo Antônio de Lisboa	387,40	6.007	28.424.162,88	4.731,84
São José do Piauí	364,95	6.591	25.392.486,60	3.852,60
Sussuapara	202,76	6.229	23.119.556,40	3.711,60
<b>Total</b>	<b>5.669,23</b>	<b>144.353</b>	<b>846.420.987,96</b>	<b>5.863,55</b>
<b>Bacia</b>	<b>8.289,60</b>	<b>185.616</b>	<b>998.952.784,32</b>	<b>4.060,80</b>

**Fonte:** IBGE, (2010).

Em termos de estudos estatísticos populacionais, segundo Thompson (1992), o número necessário de unidades para se estimar os parâmetros de uma população infinita (tamanho muito grande) para um nível de significância e erro-padrão desejados, é dado pela seguinte equação:

$$n_0 = \frac{Z_{\alpha/2}^2 s^2}{d^2} \quad (\text{eq. 3})$$

onde

$n_0$  é o número de unidades amostrais para estimar os parâmetros de uma população infinita;

$Z_{\alpha/2}$  é o quantil da distribuição normal relacionado ao nível de significância  $\alpha$ , (determinado na tabela de distribuição normal, anexo I);

$s$  é a variância da amostra considerada, e

$d$  é o erro máximo tolerável na estimativa ao inferir os resultados para a população.

Alternativamente, em outros casos, como por exemplo para o caso de populações finitas, pode-se usar a equação abaixo:

$$n_0 = \frac{Z^2_{\alpha/2} p(1-p)}{d^2} \quad (\text{eq. 4})$$

Neste caso, o parâmetro  $s^2$ , relativo à variância na equação 3, pode ser igual ao termo  $p(1-p)$ , em que  $p$  é a proporção de uma característica ou atributo que se deseja medir na referida população. Quando  $p$  é desconhecido, admite-se  $p = 0,5$  por maximizar a variância, o que favorece à elevação do nível de significância que se deseja alcançar nos resultados do estudo.

A equação 4, desenvolvida em  $d$ , determina o erro máximo tolerável na estimativa, quando do estudo da população, ou seja:

$$d = \sqrt{\frac{(Z^2_{\alpha/2}) \times p(1-p)}{n_0}} \quad (\text{eq. 3})$$

Ainda, de acordo com Thompson (1992), para o caso de populações finitas, torna-se necessário a correção do número de unidades amostrais  $n_0$ , o que é feito a partir da expressão abaixo:

$$n = \frac{1}{\frac{1}{n_0} + \frac{1}{N}} \quad (\text{eq. 6})$$

onde  $n$ , é o número de unidades amostrais para estimar os parâmetros de uma população finita, e  $N$  é o tamanho da população. Da equação 6, desenvolvida em  $n_0$ , tem-se que:

$$n_0 = \frac{n \times N}{N - n} \quad (\text{eq. 4})$$

Assim, para  $n$  igual a 2.700 unidades amostrais e uma população  $N$  igual a 144.353 habitantes (Tabela 7), tem-se para o  $n_0$  corrigido (eq. 7) o seguinte valor:

$$n_0 = \frac{2.700 \times 144.353}{144.353 - 2.700} \cong 2.752$$

O quantil da distribuição normal, parâmetro  $Z$ , que é expresso em função do nível de significância  $\alpha$ , é determinado na tabela de probabilidades acumuladas da distribuição normal, que se encontra formatada na forma reduzida no anexo I.

Assim, de acordo com a referida tabela, para  $Z = 1,96$  a probabilidade correspondente é de 0,4750. Esse valor corresponde apenas ao campo de probabilidade do lado direito da curva de distribuição normal (tabela reduzida). Por simetria, a probabilidade acumulada para os dois lados da curva será duas vezes esse valor, o que resulta em 0,95 ou seja, 95%.

Dessa forma, para um nível de significância  $\alpha$  de 95%, tem-se o valor de 1,96 para  $Z$ , logo, conforme a equação 5, o erro máximo tolerável resulta no seguinte valor:

$$d = \sqrt{\frac{(1,96)^2 \times 0,5(1 - 0,5)}{2.752}} = 0,01$$

Assim, de acordo com os resultados desta análise, conclui-se que este tamanho de amostra ( $n = 2.700$ ), permite estimar os parâmetros da referida população finita ( $N = 144.353$  habitantes) com margem de erro de 1%, e nível de confiança de 95%.

Neste contexto, de acordo com os questionários respondidos e considerando a representatividade quantitativa e qualitativa da amostragem, o hábito alimentar da população da bacia do Guaribas pode ser caracterizado, em termos gerais, como sendo médio consumidor de carne vermelha. Este fato também se evidencia historicamente para quase toda a região nordeste, como mostram os dados

nacionais. Dessa forma, fica assim definida a classe de entrada para a variável hábito alimentar.

### **3.4 Cálculo da pegada hídrica**

A sistematização do cálculo da PH seguiu a ordem em que se apresentam os municípios segundo os censos de 2000 e 2010, nesta ordem, de acordo com as Tabelas 8 e 9 que serão as bases de dados de entrada para o referido cálculo. Para cada município foi calculada a PH para homens e mulheres, considerando a uniformidade nas classes relativas a renda e hábito alimentar para ambos os sexos. Os dados de renda anual foram convertidos para dólares americanos utilizando-se a cotação média anual, ou seja  $1 \text{ U\$} = 1,81 \text{ R\$}$  para 2000 e  $1 \text{ U\$} = 1,71 \text{ R\$}$  para 2010. Dessa forma, para os 18 municípios integrantes da bacia em estudo, são apresentados 36 resultados para os anos de 2000 e 2010, respectivamente.

**Tabela 8 - Dados para PH da bacia do Guaribas - 2000**

<b>Dados de cálculo da PH - 2000</b>					
<b>Município</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>População</b>	<b>Renda total anual (R\$)</b>	<b>Per capita anual (R\$)</b>	<b>Per capita anual (U\$)</b>
Alagoinha do Piauí	427,60	6.865	16.179.511,32	2.356,81	1.302,11
Alegrete do Piauí	262,60	4.709	12.095.546,64	2.568,60	1.419,12
Bocaina	273,80	4.208	11.450.712,96	2.721,18	1.503,41
Campo Grande do Piauí	340,80	4.882	6.840.507,12	1.401,17	774,13
Francisco Santos	563,90	7.042	15.494.469,12	2.200,29	1.215,63
Fronteiras	783,10	10.008	27.712.922,04	2.769,08	1.529,88
Geminiano	464,80	4.789	6.151.669,32	1.284,54	709,69
Monsenhor Hipólito	373,70	6.753	19.665.122,64	2.912,06	1.608,87
Picos	816,00	68.932	283.221.084,96	4.108,70	2.270,00
Pio IX	1.979,90	16.496	30.519.450,60	1.850,11	1.022,16
Santana do Piauí	155,10	4.594	6.528.066,60	1.421,00	785,08
Santo Antônio de Lisboa	405,10	5.158	14.331.641,04	2.778,53	1.535,10
São João da Canabrava	579,20	4.239	6.126.955,20	1.445,38	798,55
São José do Piauí	286,40	6.686	9.000.081,36	1.346,11	743,71
São Julião	290,60	5.696	12.352.999,32	2.168,71	1.198,18
São Luís do Piauí	203,50	2.477	3.317.641,56	1.339,38	739,99
Sussuapara	207,80	5.041	8.758.549,80	1.737,46	959,92
Vila Nova do Piauí	178,40	2.903	4.897.050,36	1.686,89	931,99
<b>Bacia</b>	<b>8.592,30</b>	<b>171.478</b>	<b>494.643.981,96</b>	<b>2.884,59</b>	<b>1.593,70</b>
<b>Piauí</b>	<b>251.529,19</b>	<b>2.843.278</b>	<b>8.692.924.426,08</b>	<b>3.057,36</b>	<b>1.689,15</b>

**Fonte:** IBGE, (2000).

**Tabela 9 - Dados para PH da bacia do Guaribas - 2010**

Dados de cálculo da PH - 2010					
Município	Área (km <sup>2</sup> )	População	Renda total anual (R\$)	Per capita anual (R\$)	Per capita anual (U\$)
Alagoinha do Piauí	535,81	7.341	22.155.138,00	3.018,00	1.764,91
Alegrete do Piauí	259,79	5.153	19.357.141,44	3.756,48	2.196,77
Bocaina	268,58	4.369	23.344.615,56	5.343,24	3.124,70
Campo Grande do Piauí	311,83	5.592	18.485.809,92	3.305,76	1.933,19
Francisco Santos	491,86	8.592	38.035.065,60	4.426,80	2.588,77
Fronteiras	760,51	11.117	55.017.143,64	4.948,92	2.894,11
Geminiano	455,69	5.475	15.530.823,00	2.836,68	1.658,88
Monsenhor Hipólito	401,43	7.391	31.197.411,00	4.221,00	2.468,42
Picos	577,30	73.414	564.630.010,56	7.691,04	4.497,68
Pio IX	1.947,21	17.671	58.450.013,28	3.307,68	1.934,32
Santana do Piauí	111,06	4.917	15.926.949,72	3.239,16	1.894,25
Santo Antônio de Lisboa	387,40	6.007	28.424.162,88	4.731,84	2.767,16
São João da Canabrava	480,28	4.445	15.606.217,20	3.510,96	2.053,19
São José do Piauí	364,95	6.591	25.392.486,60	3.852,60	2.252,98
São Julião	291,12	5.675	24.904.851,00	4.388,52	2.566,39
São Luís do Piauí	220,38	2.561	7.728.176,04	3.017,64	1.764,70
Sussuapara	202,76	6.229	23.119.556,40	3.711,60	2.170,53
Vila Nova do Piauí	221,65	3.076	11.647.212,48	3.786,48	2.214,32
<b>Bacia</b>	<b>8.289,60</b>	<b>185.616</b>	<b>998.952.784,32</b>	<b>4.060,80</b>	<b>2.374,74</b>
<b>Piauí</b>	<b>251.611,93</b>	<b>3.118.360</b>	<b>15.601.654.017,60</b>	<b>5.003,16</b>	<b>2.925,82</b>

Fonte: IBGE, (2010).

As Tabelas 10 e 11 apresentam para 2000 e 2010, respectivamente, os resultados das pegadas hídricas *per capita* dos dezoito municípios que compõem a bacia em estudo. Para cada PH, os valores calculados apresentam, segundo o software utilizado, seus respectivos quantitativos componentes de alimentos, indústria e doméstico. Ainda, a parte relativa a alimentos também mostra os componentes deste item distribuídos em cereais, carnes, vegetais, frutas, laticínios e outros (óleo vegetal, raízes, tubérculos, bulbo, açúcar e adoçantes, leguminosas, gorduras animais, estimulantes, etc.).

Os resultados da PH mostrados nas Tabelas 10 e 11 foram calculados por sexo e uniformizados em média aritmética para cada município, uma vez que a distribuição das componentes em ambos os casos é homogênea e que, portanto, fica satisfatoriamente representada pela citada média. Este fato, didaticamente,

torna mais compacto o universo dos resultados, simplificando a análise e discussão dos mesmos sem, no entanto, comprometer a coerência.

**Tabela 10 - Pegada hídrica (m<sup>3</sup>/ano) da bacia do rio Guaribas - 2000**

Município - 2000	Sexo	PH (m <sup>3</sup> /ano)	Componentes PH			Componentes alimentares						PH média
			Alim	Ind	Dom	Cer	Car	Veg	Fru	Lact	Outros	
Alagoinha do Piauí	Masc	705	635	24	46	249	200	7	25	56	98	675
	Fem	644	574	24	46	226	181	6	22	50	88	
Alegrete do Piauí	Masc	708	635	26	47	249	200	7	25	56	98	678
	Fem	647	574	26	47	226	181	6	22	50	88	
Bocaina	Masc	710	635	28	48	249	200	7	25	56	98	680
	Fem	649	574	28	48	226	181	6	22	50	88	
Campo Gde do Piauí	Masc	690	635	14	40	249	200	7	25	56	98	660
	Fem	629	574	14	40	226	181	6	22	50	88	
Francisco Santos	Masc	702	635	23	45	249	200	7	25	56	98	672
	Fem	641	574	23	45	226	181	6	22	50	88	
Fronteiras	Masc	711	635	29	48	249	200	7	25	56	98	681
	Fem	650	574	29	48	226	181	6	22	50	88	
Geminiano	Masc	688	635	13	40	249	200	7	25	56	98	658
	Fem	627	574	13	40	226	181	6	22	50	88	
Mons Hipólito	Masc	713	635	30	49	249	200	7	25	56	98	683
	Fem	652	574	30	49	226	181	6	22	50	88	
Picos	Masc	1003	905	42	55	277	354	9	41	85	139	960
	Fem	917	819	42	55	251	320	8	37	77	126	
Pio IX	Masc	697	635	19	43	249	200	7	25	56	98	667
	Fem	636	574	19	43	226	181	6	22	50	88	
Santana do Piauí	Masc	690	635	15	40	249	200	7	25	56	98	660
	Fem	629	574	15	40	226	181	6	22	50	88	
Sto Antônio de Lisboa	Masc	711	635	29	48	249	200	7	25	56	98	681
	Fem	650	574	29	48	226	181	6	22	50	88	
S João da Canabrava	Masc	690	635	15	41	249	200	7	25	56	98	660
	Fem	629	574	15	41	226	181	6	22	50	88	
São José do Piauí	Masc	689	635	14	40	249	200	7	25	56	98	659
	Fem	628	574	14	40	226	181	6	22	50	88	
São Julião	Masc	702	635	22	45	249	200	7	25	56	98	672
	Fem	641	574	22	45	226	181	6	22	50	88	
São Luís do Piauí	Masc	689	635	14	40	249	200	7	25	56	98	659
	Fem	628	574	14	40	226	181	6	22	50	88	
Sussuapara	Masc	695	635	18	42	249	200	7	25	56	98	665
	Fem	634	574	18	42	226	181	6	22	50	88	
Vila Nova do Piauí	Masc	694	635	17	42	249	200	7	25	56	98	664
	Fem	633	574	17	42	226	181	6	22	50	88	
<b>Bacia (média)</b>	<b>Masc</b>	<b>716</b>	<b>650</b>	<b>22</b>	<b>44</b>	<b>251</b>	<b>209</b>	<b>7</b>	<b>26</b>	<b>58</b>	<b>100</b>	<b>685</b>
	<b>Fem</b>	<b>654</b>	<b>588</b>	<b>22</b>	<b>44</b>	<b>227</b>	<b>189</b>	<b>6</b>	<b>23</b>	<b>52</b>	<b>90</b>	

Fonte: O Autor, (2016).

**Tabela 11 - Pegada hídrica (m<sup>3</sup>/ano) da bacia do rio Guaribas - 2010**

Município - 2010	Sexo	PH (m <sup>3</sup> /ano)	Componentes PH			Componentes alimentares						PH média
			Alim	Ind	Dom	Cer	Car	Veg	Fru	Lact	Outros	
Alagoinha do Piauí	Masc	718	635	33	50	249	200	7	25	56	98	688
	Fem	657	574	33	50	226	181	6	22	50	88	
Alegrete do Piauí	Masc	979	884	41	54	276	340	9	39	83	136	937
	Fem	895	800	41	54	250	308	8	35	76	123	
Bocaina	Masc	1276	1154	58	64	283	510	10	67	108	178	1221
	Fem	1166	1044	58	64	256	461	9	60	97	161	
Campo Gde do Piauí	Masc	895	807	36	52	275	292	8	31	77	124	857
	Fem	818	730	36	52	249	265	7	28	69	112	
Francisco Santos	Masc	1105	998	48	58	279	412	9	51	94	154	1058
	Fem	1010	903	48	58	252	373	8	46	85	139	
Fronteiras	Masc	1202	1087	54	61	281	468	9	60	102	167	1150
	Fem	1098	983	54	61	254	423	8	54	92	151	
Geminiano	Masc	715	635	31	49	249	200	7	25	56	98	685
	Fem	654	574	31	49	226	181	6	22	50	88	
Mons Hipólito	Masc	1066	963	46	57	278	390	9	47	91	148	1020
	Fem	974	871	46	57	252	353	8	43	82	134	
Picos	Masc	1714	1553	84	77	292	761	11	108	143	239	1640
	Fem	1566	1405	84	77	264	688	10	97	130	216	
Pio IX	Masc	895	807	36	52	275	293	8	31	77	124	857
	Fem	819	731	36	52	249	265	7	28	69	113	
Santana do Piauí	Masc	883	797	35	51	275	285	8	30	76	123	845
	Fem	807	720	35	51	248	258	7	27	68	111	
Sto Antônio de Lisboa	Masc	1162	1050	52	60	280	445	9	56	98	162	1112
	Fem	1062	950	52	60	254	402	8	51	89	146	
S João da Canabrava	Masc	934	843	38	53	276	314	8	35	80	130	894
	Fem	853	762	38	53	249	284	8	31	72	117	
São José do Piauí	Masc	998	901	42	55	277	351	9	41	85	139	955
	Fem	911	814	42	55	250	317	8	37	77	125	
São Julião	Masc	1098	992	48	58	279	408	9	50	93	153	1051
	Fem	1003	897	48	58	252	369	8	45	84	138	
São Luís do Piauí	Masc	718	635	33	50	249	200	7	25	56	98	688
	Fem	657	574	33	50	226	181	6	22	50	88	
Sussuapara	Masc	971	877	40	54	276	336	8	38	83	135	930
	Fem	888	793	40	54	250	304	8	35	75	122	
Vila Nova do Piauí	Masc	985	889	41	55	277	344	9	39	84	137	943
	Fem	901	805	41	55	250	311	8	36	76	124	
<b>Bacia (média)</b>	<b>Masc</b>	<b>1017</b>	<b>917</b>	<b>44</b>	<b>56</b>	<b>274</b>	<b>364</b>	<b>9</b>	<b>44</b>	<b>86</b>	<b>141</b>	<b>974</b>
	<b>Fem</b>	<b>930</b>	<b>829</b>	<b>44</b>	<b>56</b>	<b>248</b>	<b>329</b>	<b>8</b>	<b>40</b>	<b>77</b>	<b>128</b>	

Fonte: O Autor, (2016).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Pegada hídrica na bacia do Guaribas

As Tabelas 12 e 13 mostram a PH média *per capita* da bacia do Guaribas e do estado do Piauí para 2000 e 2010, respectivamente. Nelas também estão contextualizados, por ordem decrescente da PH e renda, a PH *per capita*, a renda *per capita*, o Índice de Desenvolvimento Humano - IDH e o Índice de Gini - IG para todos os municípios da referida bacia.

**Tabela 12 - PH, Renda, IDH e IG dos municípios da bacia do Guaribas (2000)**

PH e índices econômicos e sociais - 2000					
Município	PH (m <sup>3</sup> /ano)	Per capita anual (R\$)	Per capita anual (U\$)	IDH	IG
Picos	960	4.108,70	2.270,00	0,55	0,62
Monsenhor Hipólito	683	2.912,06	1.608,87	0,41	0,58
Santo Antônio de Lisboa	681	2.778,53	1.535,10	0,44	0,54
Fronteiras	681	2.769,08	1.529,88	0,42	0,59
Bocaina	680	2.721,18	1.503,41	0,48	0,53
Alegrete do Piauí	678	2.568,60	1.419,12	0,43	0,55
Alagoinha do Piauí	675	2.356,81	1.302,11	0,37	0,53
Francisco Santos	672	2.200,29	1.215,63	0,44	0,49
São Julião	672	2.168,71	1.198,18	0,44	0,66
Pio IX	667	1.850,11	1.022,16	0,37	0,60
Sussuapara	665	1.737,46	959,92	0,39	0,49
Vila Nova do Piauí	664	1.686,89	931,99	0,36	0,51
São João da Canabrava	660	1.445,38	798,55	0,37	0,67
Santana do Piauí	660	1.421,00	785,08	0,35	0,43
Campo Grande do Piauí	660	1.401,17	774,13	0,35	0,50
São José do Piauí	659	1.346,11	743,71	0,36	0,58
São Luís do Piauí	659	1.339,38	739,99	0,39	0,56
Geminiano	658	1.284,54	709,69	0,32	0,56
<b>Bacia</b>	<b>685</b>	<b>2.884,59</b>	<b>1.593,70</b>	<b>0,40</b>	<b>0,55</b>
<b>Piauí</b>	<b>686</b>	<b>3.057,36</b>	<b>1.689,15</b>	<b>0,48</b>	<b>0,62</b>

Fonte: O Autor, (2016).

**Tabela 13 - PH, Renda, IDH e IG dos municípios da bacia do Guaribas (2010)**

PH e índices econômicos e sociais - 2010					
Município	PH (m <sup>3</sup> /ano)	Per capita anual (R\$)	Per capita anual (U\$)	IDH	IG
Picos	1640	7.691,04	4.497,68	0,70	0,56
Bocaina	1221	5.343,24	3.124,70	0,63	0,58
Fronteiras	1150	4.948,92	2.894,11	0,62	0,57
Santo Antônio de Lisboa	1112	4.731,84	2.767,16	0,58	0,47
Francisco Santos	1058	4.426,80	2.588,77	0,61	0,51
São Julião	1051	4.388,52	2.566,39	0,59	0,52
Monsenhor Hipólito	1020	4.221,00	2.468,42	0,56	0,54
São José do Piauí	955	3.852,60	2.252,98	0,55	0,43
Vila Nova do Piauí	943	3.786,48	2.214,32	0,57	0,60
Alegrete do Piauí	937	3.756,48	2.196,77	0,59	0,51
Sussuapara	930	3.711,60	2.170,53	0,59	0,46
São João da Canabrava	894	3.510,96	2.053,19	0,56	0,52
Pio IX	857	3.307,68	1.934,32	0,56	0,57
Campo Grande do Piauí	857	3.305,76	1.933,19	0,56	0,48
Santana do Piauí	845	3.239,16	1.894,25	0,57	0,47
Alagoinha do Piauí	688	3.018,00	1.764,91	0,53	0,53
São Luís do Piauí	688	3.017,64	1.764,70	0,55	0,51
Geminiano	685	2.836,68	1.658,88	0,56	0,47
<b>Bacia</b>	<b>974</b>	<b>4.060,80</b>	<b>2.374,74</b>	<b>0,58</b>	<b>0,52</b>
<b>Piauí</b>	<b>1161</b>	<b>5.003,16</b>	<b>2.925,82</b>	<b>0,65</b>	<b>0,56</b>

**Fonte:** O Autor, (2016).

Os dados tabelados mostram que no período de 2000 a 2010, a PH *per capita* municipal da bacia do rio Guaribas variou entre 658 a 1.640 m<sup>3</sup>/ano.

Ainda, de acordo com os dados acima, em dez anos (2000 a 2010), a bacia hidrográfica do rio Guaribas teve um acréscimo de 42,20% em sua PH média *per capita*, passando de 685 para 974 m<sup>3</sup>/ano, respectivamente. Neste mesmo período o estado do Piauí aumentou sua PH média em 69,24%, passando de 686 m<sup>3</sup>/ano em 2000 para 1.161 m<sup>3</sup>/ano em 2010.

Para este mesmo período, em cada ano, o menor e o maior valor da PH *per capita* municipal da bacia do Guaribas foram registrados nos mesmos municípios, Geminiano e Picos, respectivamente, ou seja, para o ano de 2000 Geminiano

registrou uma PH de 658 m<sup>3</sup>/ano (menor valor da bacia) e Picos 960 m<sup>3</sup>/ano (maior valor da bacia), já para o ano de 2010 Geminiano ficou com uma PH de 685 m<sup>3</sup>/ano (menor valor da bacia) e Picos com 1.640 m<sup>3</sup>/ano (maior valor da bacia).

Por outro lado, os municípios de Geminiano e Picos que apresentam, nesta ordem, os menores e os maiores valores da PH no período citado, divergem deste comportamento quanto ao IDH para o ano de 2010, ou seja, em 2000 Geminiano registrou os menores valores para a PH e IDH (PH = 658 m<sup>3</sup>/ano e IDH = 0,32) e Picos os maiores valores (PH = 960 m<sup>3</sup>/ano e IDH = 0,55), já em 2010 Picos manteve os maiores valores para a PH e IDH (PH = 1.640 m<sup>3</sup>/ano e IDH = 0,70) enquanto que Geminiano não manteve o mesmo comportamento (PH = 685 m<sup>3</sup>/ano e IDH = 0,56), ou seja, continuou ainda com a menor PH mas subiu para a 8ª posição quanto ao IDH junto com mais quatro municípios: São João da Canabrava, Campo Grande do Piauí, Monsenhor Hipólito e Pio IX (Tabela 14).

De 2000 para 2010, Picos foi o município que mais cresceu em termos de PH e IDH, concomitantemente, saindo de 960 m<sup>3</sup>/ano para 1.640 m<sup>3</sup>/ano de PH, e de 0,55 para 0,70 de IDH, justificando assim o seu destaque como o município mais desenvolvido da bacia e região.

Vale destacar, ainda, que em 2010, os municípios de Picos, Bocaina, Fronteiras, Santo Antônio de Lisboa, Francisco Santos, São Julião e Monsenhor Hipólito, nesta ordem, passaram a ocupar as sétimas primeiras posições da bacia em relação à PH, todos eles com mais de 1.000 m<sup>3</sup>/ano, o que, dessa forma, torna estes municípios os principais responsáveis pela elevação da PH média *per capita* da bacia em 2010, se aproximando de 1.000 m<sup>3</sup>/ano (Tabela 13). Quanto ao IDH dos municípios citados acima, apenas Monsenhor Hipólito não se manteve na mesma colocação no grupo, caindo para a oitava posição conforme mostra a Tabela 14.

Em destaque, vale observar que no ano de 2000, o município de Bocaina era o quinto colocado da bacia com relação a PH e renda *per capita* (Tabela 12), e o segundo maior em desenvolvimento humano com IDH de 0,48 (Tabela 14). Em 2010 o referido município subiu para a segunda posição em PH e renda *per capita* (Tabela 13), mantendo-se também como o segundo maior em IDH, elevando este índice para 0,63 (Tabela 14). Dessa forma, e nesses termos, depois de Picos, Bocaina foi o município da bacia do Guaribas que mais cresceu nesse período, ainda que seja o décimo sexto em população de toda a bacia em estudo. É possível que este

fenômeno tenha alguma relação com o fato de Bocaina ser muito próximo da cidade de Picos, dinamizando-se como área de entorno desta cidade que é um polo regional de desenvolvimento em diversas áreas como educação, saúde e agronegócios.

Um fato que chama a atenção, pela sua relevância social, reside na elevação do IDH dos municípios da bacia no período de 2000 a 2010. Até o ano de 2000, com exceção de Picos, o IDH da bacia do Guaribas variava entre 0,32 e 0,48, ou seja, todos os municípios da bacia, exceto Picos, tinham IDH abaixo de 0,5, o que os caracteriza, assim, em condição de baixo desenvolvimento humano. Por outro lado, em 2010 o IDH da bacia do Guaribas variou entre 0,53 e 0,70, ou seja, todos os municípios da bacia tiveram IDH superior a 0,5, o que promove uma significativa melhora na qualidade de vida dessa população, sendo assim elevada à condição de médio desenvolvimento humano.

Dessa forma, para essa região, esse fato se evidencia considerando-se a melhora nos índices da educação e renda dos referidos municípios neste período, reflexos das políticas públicas e programas sociais implantados pelo governo, que promoveram avanços significativos na educação e principalmente na distribuição de renda, o que se observa nos dados da Tabela 14, quando da análise do IDH e do IG dos municípios e da bacia como um todo, no período citado.

Neste contexto, a Tabela 14, mostra, através do índice de Gini, que no ano de 2000 a renda dos municípios da bacia do Guaribas era tendente a uma distribuição mais irregular. Já em 2010 há uma leve tendência de homogeneidade na distribuição de renda desses municípios, isso se evidencia através da redução dos seus respectivos índices de Gini, bem como da redução da média deste para a bacia como um todo.

Tabela 14 - IDH e IG municipal da bacia do Guaribas (2000 - 2010)

Perfil do IDH - 2000			Perfil do IDH - 2010		
Ordem	Município	IDH	Ordem	Município	IDH
1	Picos	0,55	1	Picos	0,70
2	Bocaina	0,48	2	Bocaina	0,63
3	Santo Antônio de Lisboa	0,44	3	Fronteiras	0,62
3	Francisco Santos	0,44	4	Francisco Santos	0,61
3	São Julião	0,44	5	São Julião	0,59
4	Alegrete do Piauí	0,43	5	Sussuapara	0,59
5	Fronteiras	0,42	5	Alegrete do Piauí	0,59
6	Monsenhor Hipólito	0,41	6	Santo Antônio de Lisboa	0,58
7	Sussuapara	0,39	7	Santana do Piauí	0,57
7	São Luís do Piauí	0,39	7	Vila Nova do Piauí	0,57
8	Alagoinha do Piauí	0,37	8	Pio IX	0,56
8	Pio IX	0,37	8	Monsenhor Hipólito	0,56
8	São João da Canabrava	0,37	8	Geminiano	0,56
9	Vila Nova do Piauí	0,36	8	Campo Grande do Piauí	0,56
9	São José do Piauí	0,36	8	São João da Canabrava	0,56
10	Santana do Piauí	0,35	9	São Luís do Piauí	0,55
10	Campo Grande do Piauí	0,35	9	São José do Piauí	0,55
11	Geminiano	0,32	10	Alagoinha do Piauí	0,53
Perfil do IG - 2000			Perfil do IG - 2010		
Ordem	Município	IG	Ordem	Município	IG
1	São João da Canabrava	0,67	1	Vila Nova do Piauí	0,60
2	São Julião	0,66	2	Bocaina	0,58
3	Picos	0,62	3	Pio IX	0,57
4	Pio IX	0,60	3	Fronteiras	0,57
5	Fronteiras	0,59	4	Picos	0,56
6	São José do Piauí	0,58	5	Monsenhor Hipólito	0,54
6	Monsenhor Hipólito	0,58	6	Alagoinha do Piauí	0,53
7	Geminiano	0,56	7	São João da Canabrava	0,52
7	São Luís do Piauí	0,56	7	São Julião	0,52
8	Alegrete do Piauí	0,55	8	Francisco Santos	0,51
9	Santo Antônio de Lisboa	0,54	8	Alegrete do Piauí	0,51
10	Bocaina	0,53	8	São Luís do Piauí	0,51
10	Alagoinha do Piauí	0,53	9	Campo Grande do Piauí	0,48
11	Vila Nova do Piauí	0,51	10	Santana do Piauí	0,47
12	Campo Grande do Piauí	0,50	10	Santo Antônio de Lisboa	0,47
13	Sussuapara	0,49	10	Geminiano	0,47
13	Francisco Santos	0,49	11	Sussuapara	0,46
14	Santana do Piauí	0,43	12	São José do Piauí	0,43

Fonte: IBGE, (2000 - 2010), adaptado pelo Autor, 2016.

## 4.2 Componentes da pegada hídrica

A PH do sexo masculino no Brasil sempre foi superior à do sexo feminino em todas as classes e grupos de consumidores, sendo 9,5% maior para o caso dos médios consumidores de carne, que é o caso que se apresenta neste trabalho. Os consumidores vegetarianos são os que têm a menor PH, em seguida os médios consumidores de carne e por último os altos consumidores de carne. Estes últimos apresentam as maiores PH devido ao hábito alimentar quanto ao padrão de consumo de cereais e carne, principalmente, pois são estes dois itens que eleva, significativamente, a componente alimento da PH total. Dessa forma, e de acordo com os resultados da PH da bacia do Guaribas, evidencia-se que a PH aumenta com o aumento da renda familiar, e diminui em função dos hábitos alimentares, principalmente quanto à redução do consumo de carne, sobretudo.

A PH total de um consumidor é composta pelas partes relativas a alimentos, indústria e doméstico, sendo a parte de alimentos composta por cereais, carne, vegetais, frutas, laticínios e outros. Nas componentes indústria e doméstico dos consumidores brasileiros, não há variação de valores entre os gêneros masculino e feminino, variando apenas a componente alimentos, onde aí o gênero masculino majora o feminino, por uma questão evidente, relativa ao hábito alimentar.

Conforme os resultados, a composição proporcional da PH total para um consumidor da bacia do Guaribas (Tabelas 10 e 11), ficou, em média, distribuída em 88,44% para alimentos, 4,60% para indústria e 6,96% para a componente doméstica, sendo que há uma pequena variação nestas proporções (de aproximadamente 1%) quando comparadas aos gêneros de uma mesma classe de consumidores, ou seja, para o masculino aumenta alimentos e diminui indústria e doméstica enquanto que para o feminino diminui alimentos e aumenta indústria e doméstica, nesta proporção, de 1%. Esta proporção, que se refere à classe de médios consumidores de carne, em média, também se verifica em termos nacional e mundial, segundo a referência bibliográfica.

Dessa forma, o consumo de alimentos reflete diretamente à quantidade de água empregada e, portanto, a dieta alimentar pode aumentar ou diminuir a PH, ou seja, pode torná-la mais sustentável, especificamente, com a redução do consumo de carne, que é um dos componentes que mais consome água na alimentação.

Assim, torna evidente que um prato com batata e frango exige menos água do que um prato de arroz com bife bovino (HOEKSTRA e HUNG, 2005).

Ainda, nessa linha de análise dos produtos alimentícios na composição da PH, vale ressaltar que, nesse aspecto, é bastante relevante a diferença entre os produtos naturais e os industrializados, haja visto que a industrialização demanda maior volume de água para todo o processo da cadeia produtiva. Dessa forma, portanto, os produtos industrializados incrementam a PH com uma parcela aditiva de água, referente ao processo industrial.

Para o ano de 2010, o consumo de alimentos na bacia do Guaribas é maior nos sete primeiros municípios listados na tabela 13 (já citados), devido aí estar concentrada a maior parte da renda familiar de toda a população da bacia, 48,91%. Nesse contexto, o município de Picos mais uma vez se destaca, com um consumo alimentar 34,60% acima do segundo colocado deste grupo, que é o município de Bocaina. Ainda, por razão óbvia, é neste grupo de municípios da bacia, que também se concentram os maiores valores da PH relativa às componentes industrial e doméstica, sendo Picos, mais uma vez, destacado do grupo, e da bacia como um todo.

#### 4.2.1 Pegada hídrica de uso doméstico

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2016), uma pessoa necessita de uma quantidade mínima de 110 litros de água por dia para consumo individual, o que corresponde a 40,15 m<sup>3</sup>/ano. Essa medida, supostamente, seria suficiente para um indivíduo saciar a sede, cuidar apropriadamente da higiene e preparar os alimentos. Nesses termos, essa quantidade de água representa a componente doméstica da pegada hídrica total de um indivíduo.

Em termos quantitativos, o consumo humano de água, no que diz respeito à componente doméstica da PH, depende de vários fatores além da capacidade de renda, podendo variar de acordo com o continente, país, padrão de consumo, clima, estação do ano, costumes e até mesmo com a cultura de um povo, ainda, em um mesmo país, pode variar por região ou estado. No Brasil, que é um país tropical, historicamente, o consumo de água doméstica, é ponderadamente determinado considerando, sobretudo, a renda, o padrão de consumo e o clima.

Em seu “Estudo Exploratório da Pegada Hídrica no Brasil, Maracajá (2013), determina a PH *per capita* doméstica de algumas cidades em todos os estados brasileiros, chegando a uma média que varia entre 125 e 41 m<sup>3</sup>/ano, o que corresponde, respectivamente, a um consumo médio *per capita* de 342,46 e 112,33 litros por dia. Os valores extremos são respectivamente das cidades de Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina, e da cidade de Serrano, no estado do Maranhão. Nesse trabalho, bem como em outras referências nacionais, o autor mostra, em seus resultados, que a pegada hídrica total e doméstica brasileira é maior nas regiões sul, sudeste e centro-oeste, enquanto que as regiões norte e nordeste apresentam as menores PH total e doméstica do Brasil.

Em média, no Brasil, as normas dos sistemas de distribuição pública de água para consumo humano, estabelecem um *per capita* diário entre 120 e 200 litros. Os maiores *per capita* no Brasil são distribuídos nas regiões sul, sudeste e centro-oeste, variando entre 150 e 200 litros/dia, enquanto os menores situam-se nas regiões norte e nordeste, variando entre 120 e 150 litros/dia, em média.

A pegada hídrica doméstica média *per capita* da bacia do Guaribas para o período de 2000 a 2010, variou de 44 m<sup>3</sup>/ano para 56 m<sup>3</sup>/ano respectivamente, o que dá, neste período, um consumo médio *per capita* de 137 litros diário, valor este aceitável para a região em estudo. Tomando por base o ano de 2010, este valor sobe para 153,42 litros diários (tab. 11), no que também, em média, está dentro do padrão regional. Ainda, para a bacia em estudo, neste ano de 2010, a maior PH *per capita* doméstica foi registrada no município de Picos com 77 m<sup>3</sup>/ano, e a menor no município de Geminiano, com 49 m<sup>3</sup>/ano, ou seja, Picos ficou com um *per capita* doméstico de 211 litros diários, e Geminiano com 134 litros diários.

O município de Bocaina, ainda para o ano de 2010, registrou a segunda maior PH *per capita* doméstica da bacia no valor de 64 m<sup>3</sup>/ano, ou seja, 175 litros diários. Dessa forma, em termos de água para consumo doméstico, os municípios da bacia do Guaribas, com exceção de Picos, estão consumindo dentro da média *per capita* nacional, que atualmente é de 185 litros diários. Por outro lado, o município de Picos apresenta um consumo *per capita* elevado de água doméstica, além da média nacional. Este fato pode ser entendido considerando o elevado padrão de renda e de consumo deste município em relação aos demais da região, conforme mostram

os dados, que o destaca em todos os níveis de crescimento dentro da bacia em estudo, bem como com relação ao estado do Piauí como um todo.

De forma geral, em termos de água para consumo humano, no período de 2000 a 2010, o consumo médio *per capita* da bacia do Guaribas correspondeu a 74,05% da média nacional, ficando em 137 litros diário, valor este que se enquadra dentro do padrão da região nordeste brasileira.

De outra forma, para o período em estudo, o consumo de água doméstica da bacia do Guaribas saiu de um *per capita* de 120,55 litros diário para 153,42 litros diário, o que corresponde a um aumento de 27,30% no consumo total da bacia neste período. Este fato se evidencia devido às melhorias na qualidade de vida dessas populações, o que se observa no crescimento dos índices sociais e econômicos destes municípios para o período citado.

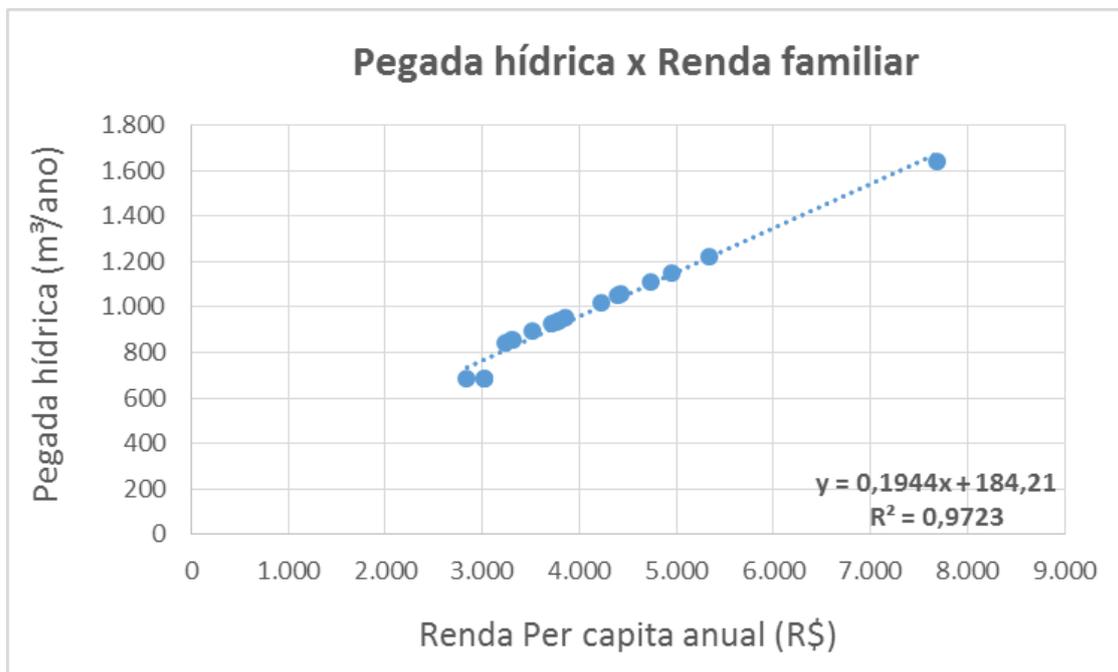
#### **4.3 Pegada hídrica e indicadores Sociais**

As Figuras 22, 23 e 24 ilustram as regressões lineares entre PH e renda familiar, PH e IDH e entre IDH e renda familiar, respectivamente, para o ano de 2010, da bacia hidrográfica do rio Guaribas.

Observa-se no gráfico da Figura 22, que, estatisticamente, todos os pontos plotados alinham-se segundo uma reta crescente, e que a referida regressão apresenta coeficiente de determinação  $R^2$  muito próximo à unidade, igual a 0,97, o que constata elevada correlação linear, ou seja, de acordo com o teste estatístico da regressão, a relação entre os dois parâmetros em análise (PH e renda familiar), tem 97% de significância de tendência linear.

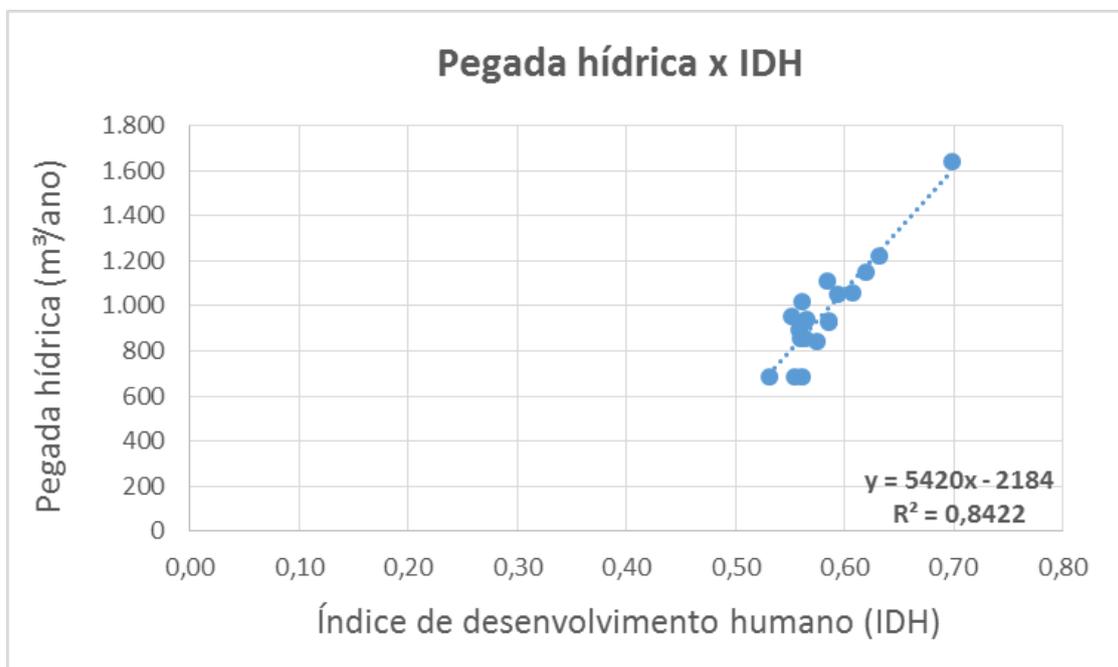
As relações da pegada hídrica com o IDH (Figura 23) e do IDH com a renda familiar (Figura 24), também apresentam elevado grau de linearidade com coeficientes de correlação iguais a 0,84 e 0,86, respectivamente, o que representa, para ambos os casos, nível de significância de tendência linear acima de 80% na estatística das referidas regressões.

**Figura 22 - Regressão linear da PH com a renda familiar**



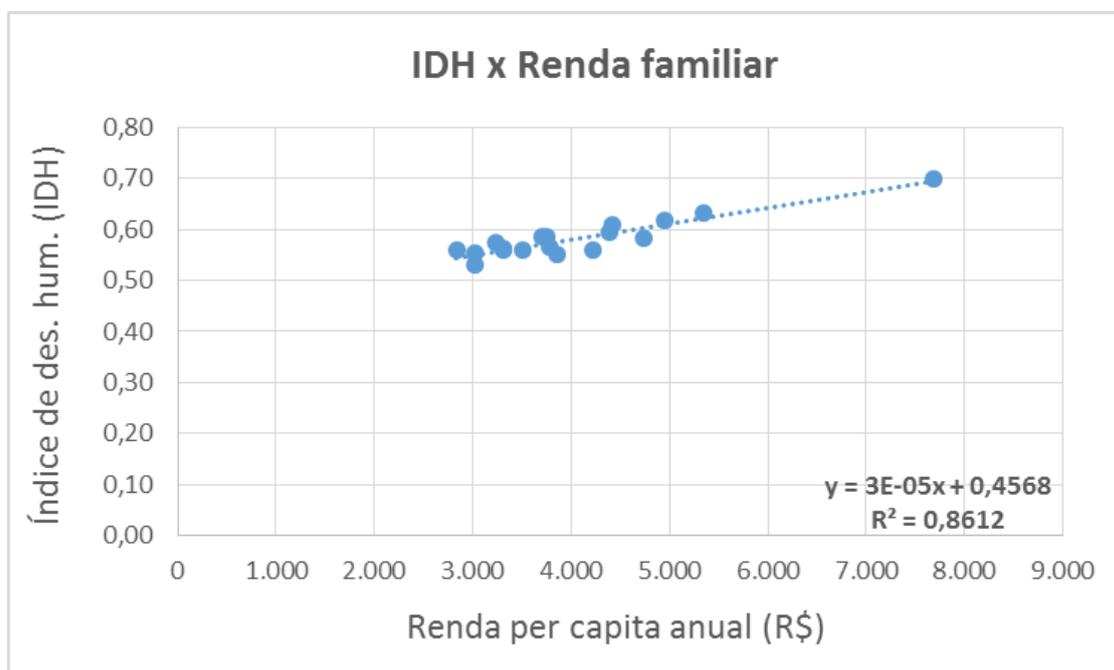
**Fonte:** O Autor, (2016).

**Figura 23 - Regressão linear da PH com o IDH**



**Fonte:** O Autor, (2016).

**Figura 24 - Regressão linear do IDH com a renda familiar**



**Fonte:** O Autor, (2016).

A análise da relação entre parâmetros ilustrada na Figura 22, mostra a interferência direta da renda familiar anual no padrão da pegada hídrica, tornando evidente que a pegada hídrica cresce linearmente com a renda familiar, com coeficiente de proporcionalidade igual a 0,2, ou seja, o incremento de crescimento da PH em função da renda familiar é de 1 para 5, o que significa um aumento de 1 m<sup>3</sup>/ano na PH (2,7 litros diários) para cada R\$ 5,00/ano de aumento na renda *per capita* familiar.

Por outro lado, a análise da relação do IDH com a pegada hídrica requer mais critério, uma vez que este indicador social é composto, no seu todo, pelas dimensões renda, educação e longevidade. A longevidade não interfere na PH *per capita*, pois esta não depende do tempo, neste caso vai aumentar, tão somente, o volume total de água consumido em todo o ciclo de produção individual. Da mesma forma, para este caso, a componente educação não entra na composição da PH, portanto não interfere nesta diretamente. É possível que a educação, por supostamente elevar o nível de consciência individual, promova redução no padrão de consumo, sobretudo no hábito alimentar e da água doméstica, assim ela pode interferir no sentido de minimizar o padrão da pegada hídrica individual. Dessa

forma, apenas a componente renda do IDH, efetivamente interfere na pegada hídrica, sendo ela a responsável direta pelo aumento desta. Ainda assim, diante do exposto, em termo geral a relação da pegada hídrica com o IDH apresenta elevado grau de afinidade linear (Figura 23).

No caso da relação do IDH com a renda familiar, a interdependência e linearidade é direta entre os dois índices, uma vez que o segundo entra diretamente na composição do primeiro, promovendo um incremento linear deste com coeficiente de proporcionalidade igual  $3 \times 10^{-5}$ , o que claramente mostra o gráfico da Figura 24.

## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta uma pesquisa socioambiental realizada nos municípios da bacia hidrográfica do rio Guaribas, região do semiárido piauiense, cujo destaque refere-se à pegada hídrica e suas correlações com os índices socioeconômicos regional, para os anos de 2000 e 2010.

Conclui-se nesta pesquisa, que a pegada hídrica, efetivamente, é um indicador de uso da água por um consumidor ou produtor, e que a sua metodologia é uma ferramenta adequada para a avaliação do uso consuntivo da água de uma população, em qualquer nível de concentração ou consumo, onde é fornecido subsídios que formam a base para a formulação de novas estratégias de gestão da água.

A pegada hídrica dos consumidores, é função do sexo, da renda e do hábito alimentar. No Brasil, a PH do sexo masculino sempre foi superior à do sexo feminino em todas as classes e grupos de consumidores, sendo maior para os que se alimentam à base de carne e que têm maiores renda. Este fato também se confirma, de acordo com a pesquisa, para os municípios da bacia do Guaribas, bem como se confirma que estas populações têm a carne como base alimentar, sendo considerados médios consumidores de carne.

A maior quantidade de água consumida na composição da pegada hídrica total é referente a alimentação (88,44%), sendo os cereais e a carne os itens alimentares que mais consomem água no ciclo produtivo dos alimentos, o que evidentemente torna possível a redução da pegada hídrica a partir dos hábitos alimentares.

Nesse contexto, a pesquisa mostra que a pegada hídrica dos municípios da bacia do Guaribas, bem como a brasileira em geral, aumenta em função da renda familiar e diminui de acordo com os hábitos alimentares. Dessa forma, quanto mais saudáveis forem os hábitos alimentares, menor será o consumo de água, reduzindo então a pegada hídrica.

Os municípios de maiores rendas, também têm maiores PH por terem padrões de consumo mais elevados, que também se justifica pelo conteúdo de água virtual acumulada nos bens e serviços, assim, evidentemente aumenta o consumo de água da forma direta e indireta.

Em termos gerais, de acordo com a pesquisa, a pegada hídrica média do Brasil (1.107 m<sup>3</sup>/ano), representa 80% da PH média mundial (1.385 m<sup>3</sup>/ano). Por outro lado, a média da PH brasileira por região, apresenta para a região nordeste o valor de 805 m<sup>3</sup>/ano (anexo II), a menor do país. O baixo rendimento e produtividade na produção agrícola, provocado pelos baixos índices pluviométricos da região nordeste, contribui para a redução da PH.

A bacia do rio Guaribas registrou para o ano de 2010 PH média igual a 974 m<sup>3</sup>/ano, sendo que o maior valor corresponde ao município de Picos (1.640 m<sup>3</sup>/ano) e o menor ao município de Geminiano (685 m<sup>3</sup>/ano). Nesse aspecto, o município de Picos subestima a média da região nordeste e da bacia do Guaribas em 103,73% e 68,38% respectivamente, devido seu destaque socioeconômico na região que o torna um consumidor de padrão elevado, no que reflete em maior consumo de água virtual acumulada em bens e serviços.

A pesquisa também permite concluir que, de 2000 para 2010 houve uma melhora na qualidade de vida dos municípios da bacia do Guaribas, o que pode ser visto na evolução dos índices sociais e econômicos regional. Nesse aspecto, os referidos municípios, exceto Picos, saíram da condição de baixo desenvolvimento humano para médio desenvolvimento humano, pois todos registraram IDH acima de 0,5 em 2010 além de uma melhora na distribuição de renda, o que se observa pela redução do índice de Gini destes municípios para o período citado.

Quanto a água para consumo humano na bacia do Guaribas, com exceção de Picos, a média para 2010 ficou em 153,42 litros diários, valor este compatível com a média da região nordeste. Apenas o município de Picos está acima da média regional, com um *per capita* de 211 litros diários. Este fato se dá pelo elevado valor da PH deste município (1.640 m<sup>3</sup>/ano), que se destaca dos demais da bacia, e no Piauí como um todo, conforme mostram os resultados da pesquisa.

Finalmente, o presente estudo mostra resultados compatíveis com a literatura pesquisada, que promovem a consolidação da pegada hídrica como indicador abrangente da apropriação de recursos hídricos, em qualquer nível de concentração e consumo. Ainda, os resultados também mostram que a PH tem correlação direta com a renda familiar e o IDH, assim, é possível que a pegada hídrica, por si, seja também um indicador global de sustentabilidade e qualidade de vida.

A metodologia da pegada hídrica mostra que é possível reduzir-se o consumo de água, ainda que de forma indireta, através de mudança nos hábitos alimentares, bem como reduzindo o consumo de produtos que importam água virtual. Para tanto é necessário o comprometimento global das populações, gestores, produtores e consumidores, através de políticas públicas que promovam o conhecimento e a importância da PH como indicador sustentável dos recursos hídricos. Neste sentido, os estudos globais sobre a PH, em todos os níveis de consumo e produção, são relevantes na atualidade, considerando que os recursos hídricos são indispensáveis à vida, e estão se escasseando cada vez mais.

## REFERÊNCIAS

ALDAYA, M. M.; SANTOS, P. M.; LLAMAS, M. R. Incorporating the water footprint and virtual water into policy reflections from the Mancha Occidental region, Spain. *Water Resources Management*, v. 24, p. 941-958, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-009-9480-8>.

ALMEIDA, J. R.; MORAES, F. E.; SOUZA, J. M.; MALHEIROS, T. M. Planejamento ambiental: caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum: uma necessidade, um desafio. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. THEX, 2002.

BRITO, F. A., PINHO, B. A. T. D. A dinâmica do processo de urbanização no Brasil, 1940-2010 – Belo Horizonte: UFMG / CEDEPLAR, 2012. 19 p.: il. - (Texto para discussão, 464).

BELLEN, H. M. Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacias hidrográficas. In: *Erosão e conservação dos solos*. Orgs.: A. J. T. Guerra; A. S. da Silva; R. G. M. Botelho. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

CARVALHO, D. S. F. Avaliação da Pegada Hídrica da Empresa Yazaki Saltano de Ovar. Relatório submetido para a obtenção do Grau Mestre em Economia e Gestão do Ambiente. Universidade do Porto (FCUP), 2015.

CARTACAPITAL - Revista digital, 2015. Disponível em: <http://www.cartacapital.com.br/blogs/blog-do-grri/a-crise-ambienta-contemporanea-5192.html>.

CARVALHO, D. F., MELO, J. L. P., SILVA, L. D. B. Hidrologia - Capítulo 1. 2007 - A. Acesso em 20 de novembro de 2016. Disponível em

<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO - Cap1 - INTRO.pdf>.

CPRM - Companhia de pesquisa de recursos minerais. Mapa Geológico do Piauí, 2ª versão, 2006.

DIAS, G. F. Pegada Ecológica e Sustentabilidade Humana. São Paulo: Gaia, 2002.

DIAS, R. Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade. Atlas: São Paulo, 2006.

DEL PRETTE, M. E; PIRES, J. S. R; SANTOS, J. E. dos. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações. Editores A. Schiavetti, A. F. M. Camargo. Ilhéus: Editus, 2002. p. 17-35.

ERCIN, A. E., ALDAYA, M. M., HOEKSTRA, A. Y. Corporate water footprint accounting and impact assessment: the case of the water footprint of sugar-containing carbonated beverage, *Water Resources Management*, v. 25, p. 721-741, 2011.

FENG, K., SIU, Y. L., GUAN, D.; HUBACEK, K. Assessing regional virtual water flows and water footprints in the Yellow River Basin, China: A consumption based approach. *Applied Geography*, v. 32, p.691-701, 2011.

FINOTTI, A.R.; FINKLER, R.; SILVA, M.D.; CEMIN, G. Monitoramento de recursos hídricos em áreas urbanas. Caxias do Sul: EDUCS, 2009.

FEIJÃO NETO, F. G. Deposições Irregulares de Resíduos da Construção Civil na Cidade de Parnaíba - PI. Universidade Estadual Paulista - Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Rio Claro - SP, 2010.

FURTADO, J. S. - Indicadores de sustentabilidade e governança. Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade, vol.2, nº1, fev, 2009.

FINKLER, R. Planejamento, manejo e gestão de bacias, Unidade 1 a bacia hidrográfica. Disponível em [http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias\\_hidrograficas/planejamento\\_manejo\\_e\\_gestao\\_unidade\\_1.pdf](http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf). Acesso em 16 de novembro de 2016.

GALLI, A.; WIEDMANN, T.; ERCIN, E.; KNOBLAUCH, D.; EWING, B.; GILJUM, S. Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a “Footprint Family” of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological Indicators*, v.16, p.100-112, 2012.

GLEICK, P. H. The changing water paradigm: a look at twenty-first century water resources development. *Water International*, v. 25, p. 127-138, 2000.  
<http://dx.doi.org/10.1080/02508060008686804>.

GALLOPIN, G. C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A system approach. *Environmental Modelling & Assessment*, v.1, p.101-117, 1996.

GLOBAL WATER SECURITY - An engineering perspective. London: The Royal Academy of Engineering 3 Carlton House Terrace. The Royal Academy of Engineering. ISBN 1-903496-55-, 2010.

HOEKSTRA, A. Y., 2008. *Water Neutral: Reducing and Offsetting the Impacts of Water Footprints*. UNESCO-IHE, Delft.

HAMMOND, A., ADRIAANSE, A., RODENBURG, E., BRYANT, D., WOODWARD, R. Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. Washington, D.C.: World Resources Institut, 1995.

HOEKSTRA, A.Y., HUNG, P.Q. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade, Value of Water Research Report Series nº 11, UNESCOIHE, Delft, 2002.

HOEKSTRA, A.Y., CHAPAGAIN, A.K. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern, Water Resources Management, v. 21, p.35-48, 2007a.

HOEKSTRA, A.Y. Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft, The Netherlands, 12-13 December 2002, Value of Water Research, Report number.12, UNESCO - IHE, Delft, 2003.

HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K. Globalization of water: sharing the Planet's freshwater resources. 1.ed. Oxford: Blackwell Publishing, 232p., 2008.

HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K., ALDAYA, M. M., MEKONNEN, M. M. Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global. Publicado originalmente em 2011 pela Earthscan.

HOEKSTRA, A.Y. How sustainable is Europe's water footprint? Water and Wastewater International, v. 26, p. 24-26, 2011.

HOEKSTRA, A.Y., CHAPAGAIN, A.K. Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources, Blackwell Publishing, Oxford, UK. In press, 2007b.

HOEKSTRA, A.Y., MEKONNEN, M.M. - The water footprint of humanity, Proceedings of the National Academy of Sciences, doi/10.1073/pnas.1109936109. - 2012.

HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. - The water footprint manual: State of the art. 1.ed. Enschede: Water Footprint Network, p. 127, 2009.

HOEKSTRA, A. Y., HUNG, P. Q. Globalization of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environmental Change*, v. 15, p. 45-56, 2005.

IUCN; UNEP; WWF. *The World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development*. International Union for Conservation of Nature (IUCN), United Nations Environment Programme (UNEP) and World Wide Fund for Nature (WWF), Gland, Switzerland, 1980.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Estatísticas do Século XX*, Rio de Janeiro: IBGE, 2007 no Anuário Estatístico do Brasil, 1993, vol. 53, 1993.

IBGE. *Contagem da população 2000*. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

IBGE. *Contagem da população 2010*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Indicadores de desenvolvimento sustentável: Diretoria de Geociências*. Rio de Janeiro, 2002. Jacobi, Pedro Roberto. *Educar na sociedade de risco: O desafio de construir alternativas*, v.2, p. 49-65, 2007.

IPECE. Instituto de pesquisa e estratégia econômica do Ceará. - Entendendo o índice de Gini, [http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/Entendendo\\_Indice\\_GINI.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/Entendendo_Indice_GINI.pdf) - Acesso em 14 de novembro de 2016.

KATO, M.T., PIVELI, R.P. *Qualidade das águas e poluição: Aspectos físico-químicos*, 1 ed. São Paulo - SP. Ed. ABES, (2005).

LIU, C., KROEZE, C., HOEKSTRA, A. Y., LEENES, W. G. Past and future trends in grey water footprint of anthropogenic nitrogen and phosphorus inputs to major world rivers. *Ecological Indicators*, v. 18, p. 42-49, 2012.

LEFF, E. Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Petrópolis, RJ: Vozes, p. 343, 2001.

LISBOA, C. K.; BARROS, M. V. F. « A pegada ecológica como instrumento de avaliação ambiental para a cidade de Londrina », *Confins* [Online], 8 | 2010, posto online no dia 16 Março 2010, consultado o 18 Novembro 2016. URL : <http://confins.revues.org/6395> ; DOI : 10.4000/confins.6395

LEÃO, J. C. Metodologia para outorga de uso das águas reservadas em regiões semiáridas aplicada à bacia do Canindé - PI. Universidade Federal do Piauí - UFPI, Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Teresina - PI, 2008.

LANNA, A. E. L.; ROCHA, J. **Estudo para cobrança de água no Estado do Piauí**. Teresina: Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Piauí, 2001.

MARACAJÁ, K. F. B. Nacionalização dos Recursos Hídricos: um estudo exploratório da pegada hídrica no Brasil. Campina Grande - PB, 2013.

MAIA, H. J. L.; HORA, S. C. DA; FREITAS, J. P. DE; VIEIRA, A. A. P.; FREITAS, F. E. A pegada hídrica e sua relação com os hábitos domésticos, alimentares e consumistas dos indivíduos. *Revista Polêmica*, v. 11, n. 4, 2012.

MOTA, S. Urbanização e meio ambiente. 3 ed. Rio de Janeiro: Ed. ABES, 2003.

MIRANDA, A. T. Urbanização do Brasil: Consequências e características das cidades, 2006. Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/urbanizacao-do-brasil-consequencias-e-caracteristicas-das-cidades.htm#comentarios>. Acesso em 12 de novembro de 2016.

MOTTA, R. S.: Indicadores ambientais no Brasil: aspectos ecológicos, de eficiência e distributivos. Brasília: IPEA, 1996.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. (2010). *Agenda 21 Brasileira*. Retrieved from <http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18&idConteud>.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 14, p. 1259-1276, 2010. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-14-1259-2010>.

OECD. Organization for Economic Cooperation and Development: core set of indicators for environmental performance reviews; a synthesis report by the group on the State of the environment. Paris, 1993.

OMS - Organização Mundial da Saúde, (2016). Consumo per capita de água: Vale a pena entender essa questão. Disponível em <http://www.cognatis.com.br/consumo-per-capita-de-agua-vale-a-pena-entender-essa-questao>. Acesso em 18 de novembro de 2016.

PENA, Rodolfo F. Alves. "Índice de Gini"; *Brasil Escola*. Disponível em <http://brasilecola.uol.com.br/geografia/indice-gini.htm>. Acesso em 15 de novembro de 2016.

PEREIRA, L. G. Síntese dos Métodos de Pegada Ecológica e Análise Energética para Diagnóstico da Sustentabilidade de Países: O Brasil como Estudo de Caso. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Departamento de Engenharia de Alimentos, 2008.

REIGOTA, M. Meio Ambiente e representação social. 7 ed. São Paulo: Cortez, p. 87, 2007.

ROSS, J. L. S. (org.). Geografia do Brasil. 4 ed. São Paulo: EDUSP, 2003.

ROSE, R. E. As regiões metropolitanas e seu impacto, 2016. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/regio%C3%B5es-metropolitanas-e-seu-impacto-ricardo->

ernesto-rose, publicado em 7 de março de 2016. Acesso em 16 de novembro de 2016.

ROMAGUERA, M., HOEKSTRA, A. Y., SU, Z.; KROL, M. S., SALAMA, M. S. Potencial of using remote sensing techniques for global assessment of water footprint of crops. *Journal, Remote Sensing*, v. 2, p. 1177-1196, 2010.

SANTOS, M. A Urbanização Brasileira. 5 ed. São Paulo: Ed. USP, 2008.

SILVA, E. A. DA; FREIRE, O. B. DE L.; SILVA, F.Q.P.O. - Indicadores de Sustentabilidade como Instrumentos de Gestão: uma análise da gri, ethos e ise. - *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS*, 2014.

SILVA FILHO, J. S. - Indicadores de Desenvolvimento Sustentável nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Guaribas - Piauí, 2004.

SEIXAS, V. S. de C., Análise da pegada hídrica de um conjunto de produtos agrícolas. 2011. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do meio ambiente). Faculdade de ciências e tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

SABESP - Companhia de saneamento do estado de São Paulo - Água virtual, 2016. Disponível em [http://sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=6&proj=sabesp&pub=T&nome=documento\\_noticias&db](http://sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=6&proj=sabesp&pub=T&nome=documento_noticias&db). Acesso em 18 de novembro de 2016.

SHIKLOMANOV, I. A. Appraisal and assessment of world water resources. *Water International*, v.25, p.11-32, 2000.

SILVA, V. P. R., MARACAJÁ, K. F. B., DANTAS NETO, J., ALEIXO, D. O., ARAÚJO, L. E., CAMPOS, J. H. B. C. - Regionalização da pegada hídrica do estado da Paraíba. *Revista Ambi-água*, v.8, n. 1, p.250-262, 2013.

SEMAR - Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí, Governo do estado do Piauí - Lei de recursos hídricos do estado do Piauí nº 5.165, Teresina - PI, 2000.

SEMARH - Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Governo do estado do Piauí - Plano estadual de recursos hídricos do estado do Piauí, 2010.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação - 3ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS / ABRH, 2002.

THOMPSON, S.K. Sampling. New York: John Wiley, 1992. 343p.

UNITED NATIONS. World urbanization prospects: the 2011 revision. New York: United Nations, 2012. Disponível em <<http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm>>.

VIEIRA, P. M. S. - Desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Hidroambiental (Estudo de Caso: APA de Baturité, Ceará). Tese apresentada à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, 2014.

VIEIRA, J. M. P. "Gestão da Água em Portugal. Os desafios do Plano Nacional da Água", Universidade do Minho, 2003.

VAN OEL, P. R., MEKONNEN, M. M., HOEKSTRA, A.Y. The external water footprint of the Netherlands: Geographically-explicit quantification and impact assessment. *Ecological Economics*, v. 69, p.82-92, 2009.

VEIGA, J. E. (2010). - Indicadores de Sustentabilidade. *Revista de Estudos Avançados*, 24 (68), 39-52.

WCED, World Commission on Environment and Development. Our Common Future. Oxford, U.K.: Oxford University Press, 1987. 383 p.

ZHAO, X., CHEN, B., YANG, Z. F. National water footprint in an input–output framework-A case study of China 2002. *Ecological Modeling*, v. 220, p.245-253, 2009.

## APÊNDICE A

Pesquisa aplicada na bacia do Guaribas quanto ao hábito alimentar

### QUESTIONÁRIO SOBRE O HÁBITO ALIMENTAR FAMILIAR

CIDADE DE PICOS-PI

NOME: Alma Raissa Holanda IDADE: 19 anos

SEXO: Masculino ( ) Feminino (  )

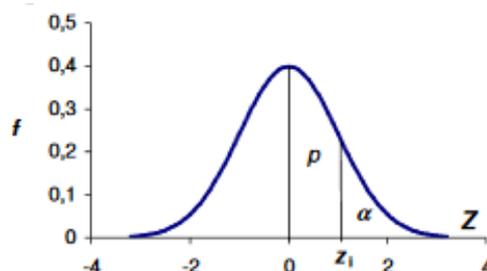
#### QUESTIONÁRIO

Observação: Responda este questionário sempre baseado na hábito familiar e não no hábito pessoal.

1. Com relação aos hábitos alimentares, em sua casa é comum ter almoço e janta (comida de panela) diariamente? SIM (  ) NÃO ( )
2. Nas refeições em sua casa é comum o consumo de salada, diariamente? SIM ( ) NÃO (  )
3. Ainda, com relação aos hábitos alimentares diário, você considera a sua família como sendo vegetariana? SIM ( ) NÃO (  )
4. Com relação ao consumo de carne, em sua casa é comum se alimentar de frango ou peixe de dois a três dias por semana? SIM (  ) NÃO ( )
5. A carne vermelha é a que provém de origem bovina, suína ou caprina. Em sua casa é comum se alimentar de carne vermelha de dois a três dias por semana? SIM (  ) NÃO ( )
6. Ainda com relação à carne vermelha, em sua casa é comum se alimentar de carne vermelha todos os dias da semana? SIM ( ) NÃO (  )
7. Em termos familiar, em sua casa é comum se alimentar de carne vermelha em mais de três dias por semana? SIM (  ) NÃO ( )
8. Assinale com um "X" a opção abaixo conforme o hábito alimentar diário da sua família:
  - (  ) - Quanto ao hábito alimentar diário, sua família consome mais carne vermelha e menos carne branca e salada;
  - ( ) - Quanto ao hábito alimentar diário, sua família consome mais carne branca e salada, e menos carne vermelha.

## ANEXO A

Tabela de probabilidades acumuladas da distribuição normal reduzida Z



Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2704	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
2,0	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4864	0,4868	0,4871	0,4875	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4896	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4925	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4934	0,4936
2,5	0,4938	0,4940	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4951	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4957	0,4959	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4976	0,4977	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4987	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,4990	0,4990
3,1	0,4990	0,4991	0,4991	0,4991	0,4992	0,4992	0,4992	0,4992	0,4993	0,4993
3,2	0,4993	0,4993	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4995	0,4995	0,4995
3,3	0,4995	0,4995	0,4995	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4997
3,4	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4998
3,5	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998
3,6	0,4998	0,4998	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,7	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,8	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,9	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000

Fonte: Thompson, (1992).

## ANEXO B

PH média, IDH e renda *per capita* por regiões e estados - Brasil

Regiões brasileiras/Estados	PH (m <sup>3</sup> /ano) (2010)	IDH (2000)	Renda <i>per capita</i> (Moeda Real)
<b>Norte</b>			
Acre	841	0,6	318,3
Amazonas	783	0,6	267,3
Roraima	878	0,7	342
Rondônia	1.114	0,7	469,5
Amapá	921	0,7	375
Pará	829	0,7	306,4
Tocantins	955	0,7	403,4
<b>Média</b>	<b>903</b>	<b>0,7</b>	<b>354,5</b>
<b>Nordeste</b>			
Maranhão	787	0,6	268,1
Piauí	793	0,6	277,2
Ceará	786	0,6	279,5
Rio Grande do Norte	864	0,7	346,4
Paraíba	853	0,6	324,7
Pernambuco	848	0,6	324,3
Alagoas	773	0,6	265,1
Sergipe	794	0,6	305,5
Bahia	751	0,6	331,6
<b>Média</b>	<b>805</b>	<b>0,6</b>	<b>302,4</b>
<b>Centro-Oeste</b>			
Mato Grosso	1.339	0,7	600,6
Mato Grosso do Sul	1.244	0,7	544,7
Goiás	1.305	0,7	580,3
Distrito Federal	2.588	0,8	1.404
<b>Média</b>	<b>1.619</b>	<b>0,7</b>	<b>782,4</b>
<b>Sudeste</b>			
Minas Gerais	1.193	0,7	524,4
Espírito Santo	1.253	0,7	562
São Paulo	1.503	0,8	695,9
Rio de Janeiro	1.398	0,8	639
<b>Média</b>	<b>1.337</b>	<b>0,7</b>	<b>605,3</b>
<b>Sul</b>			
Paraná	1.369	0,8	618
Santa Catarina	1.593	0,8	764,5
Rio Grande do Sul	1.542	0,8	726,5
<b>Média</b>	<b>1.501</b>	<b>0,8</b>	<b>703</b>

Fonte: Maracajá, (2013).