



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE**

**CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE - CAA**

**NÚCLEO DE TECNOLOGIA - NT**

**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA HIDRÁULICA DOS PRESTADORES  
DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NOS MUNICÍPIOS  
DO AGRESTE BRASILEIRO**

**JOÃO CÂNDIDO DA COSTA NETTO**

Orientador: Prof. Dr. Saulo de Tarso Marques Bezerra

**Caruaru, 2014**

**JOÃO CÂNDIDO DA COSTA NETTO**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA HIDRÁULICA DOS PRESTADORES  
DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NOS MUNICÍPIOS  
DO AGRESTE BRASILEIRO**

Versão final do Trabalho de Conclusão de Curso que foi apresentado ao Curso de bacharelado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, pelo aluno JOÃO CÂNDIDO DA COSTA NETTO, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: **Recursos Hídricos**

Orientador: Prof. Dr. Saulo de Tarso Marques Bezerra

**Caruaru, 2014**

Catálogo na fonte:  
Bibliotecário Simone Xavier CRB4 - 1242

C837a Costa Netto, João Cândido da.  
Avaliação da eficiência hidráulica dos prestadores de serviços de abastecimento de água nos municípios do agreste brasileiro. / João Cândido da Costa Netto. - Caruaru: O Autor, 2014.  
56f.; il. ; 30 cm.

Orientador: Saulo de Tarso Marques Bezerra  
Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia civil, 2014.  
Inclui referências bibliográficas

1. Abastecimento de água. 2. Indicadores de desempenho. 3. Perdas de água. 4. Agreste brasileiro. I. Bezerra, Saulo de Tarso Marques. (Orientador). II. Título.

620 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2014-037)

JOÃO CÂNDIDO DA COSTA NETTO

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA HIDRÁULICA DOS PRESTADORES  
DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NOS MUNICÍPIOS  
DO AGRESTE BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste – CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: **Recursos Hídricos.**

A banca examinadora, composta pelos professores abaixo, considera o candidato aprovado com nota 10,0.

Caruaru, 31 de julho de 2014.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Saulo de Tarso Marques Bezerra:

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Kênia Kelly Barros da Silva:

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliadora)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Simone Machado Santos:

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliadora)

Prof. Dra. Sylvana Melo dos Santos:

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Coordenadora da disciplina de TCC)

## RESUMO

O agreste brasileiro é uma das regiões que mais sofrem com a escassez de água no Brasil, necessitando urgentemente de soluções que visem diminuir o desperdício de água. Ressalta-se a importância do estabelecimento de um nível mínimo de eficiência operacional e de controle de perdas por parte dos prestadores de serviços de abastecimento de água. A avaliação dos sistemas de abastecimento de água, através de indicadores de desempenho, se apresenta como uma das melhores alternativas para o acompanhamento dos serviços prestados, pois podem dar subsídios que facilitam a tomada de decisão dos gestores quanto à solução de problemas. Objetivou-se, nesse estudo, avaliar e classificar os municípios do agreste brasileiro quanto à eficiência dos serviços de abastecimento de água, com base em quatro indicadores de desempenho definidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), relacionados às perdas de água. A avaliação foi feita através da determinação de um *benchmarking* local, que estabeleceu valores aos quais os indicadores deveriam atender para serem considerados satisfatórios. As análises foram realizadas em dois momentos distintos, sendo o primeiro considerando a média dos dados para o período de 2007 a 2011 e o outro com os dados referentes ao ano de 2012, que foram os últimos divulgados pelo SNIS. Foi possível aferir, nos resultados da pesquisa, que a maioria dos municípios avaliados obteve resultados piores do que a média brasileira para os índices de micromedicação e de perdas na distribuição. Em contrapartida, boa parte dos municípios obteve resultados melhores para os índices de perdas de faturamento e de perdas por ligação. Destaca-se que Pernambuco e Sergipe foram os únicos estados avaliados que não tiveram nenhum município enquadrado nos valores de referência. A Bahia foi o estado com os melhores resultados, onde 40% dos municípios agrestinos foram enquadrados no *benchmarking* local. Ademais, os resultados mostraram a necessidade urgente de investimentos em micromedicação e em ações que visem o controle de perdas de água no agreste brasileiro.

**Palavras-chave:** Abastecimento de água. Agreste Brasileiro. *Benchmarking*. Indicadores de desempenho. Perdas de água.

## ABSTRACT

The Brazilian Agreste region is one of the most affected regions by water shortages in Brazil, requiring urgent solutions to reduce the waste of water, which consequently increases the efficiency of use. It must be emphasized the importance to establish a minimum level of operational efficiency and loss control by the sanitation local providers, evaluating the performance of the systems that which meet, in order to have the knowledge of the most deprived areas, enabling the prioritization of investments. The evaluation of the water supply systems by the performance indicators presents itself as one of the best alternatives for monitoring the provided services, because they can give subsidies that facilitate the decision making of managers in relation of the troubleshooting. The objective of this study was to evaluate the efficiency of water supply in the Brazilian Agreste region, based on indicators defined by the National System about Sanitation Informations (SNIS) related to water losses. The evaluation was done by determining of a local benchmarking which established values that indicators must comply to being considered satisfactories. An evaluation according to different population strata was also made intending to assess the behavior of the indicators according the increasing of the population. The analyzes were done in two different moments, where at the first was considered the average of the data for the period 2007-2011 and the other with the data for 2012, that were the last divulged by SNIS. Was possible to check, in the search results, that the majority of the evaluated municipalities had worse results than the national average for the micro-measurement index and for the water distribution losses index. In contrast, most of the municipalities obtained better results for the revenue loss index and connection losses. It is noteworthy that Pernambuco and Sergipe were the only evaluated states who obtained no municipality framed in the reference values. The Bahia state had the best results, because 40% of the evaluated municipalities were framed in the best results group. The results showed the urgent need for investments in micro-measurement and actions that aim to control water loss in Brazilian agreste region, due to the deficiency observed in these areas.

**Keywords:** Water supply. Brazilian Agreste Region. *Benchmarking*. Performance indicators. Water losses.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor doutor Saulo de Tarso Marques Bezerra, pela orientação, dedicação e compreensão durante o desenvolvimento dos trabalhos.

A minha família e meus amigos, pelo apoio e incentivo, sempre que precisei.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro concedido através do projeto “Balanço Hídrico de sistemas de abastecimento de água – Aplicação prática em municípios do Agreste Pernambucano” – Processo APQ-1521-3.01/12 – Edital FACEPE 15/2012.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População atendida por companhias regionais para o período 2007 – 2011.....	32
Tabela 2 - População atendida por companhias regionais para o ano base 2012.....	32
Tabela 3 - Quantidade de municípios, por estado, pertencentes ao Grupo I ( <i>benchmarking</i> ), período de 2007 - 2011 .....	33
Tabela 4 - Valores médios dos indicadores de desempenho, por estado, para o período de 2007 - 2011 .....	34
Tabela 5 - Quantidade de municípios por estado, pertencentes ao Grupo I - ano base 2012...	34
Tabela 6 - Valores dos indicadores de desempenho dos municípios, por estado, para o ano base 2012.....	35
Tabela 7 - Valores médios dos indicadores no Brasil em 2012.....	38

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Índice de perdas na distribuição de água no Brasil no ano de 2012.....	12
Quadro 2 - Principais causas dos vazamentos .....	14
Quadro 3 - Grupo de indicadores do SNIS .....	19
Quadro 4 - Indicadores utilizados do SNIS .....	27
Quadro 5 - Resultado final - Municípios que pertecem ao grupo I (Benchmarking).....	36
Quadro 6 - Municípios que pertecem ao grupo I somente na avaliação com o período 2007 - 2011 .....	36
Quadro 7 - Municípios classificados no grupo I apenas no ano base de 2012.....	37

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O <i>boxplot</i> (diagrama de caixas) .....	23
Figura 2 - Mapa da região do agreste brasileiro e sua localização no Nordeste e Brasil .....	26
Figura 3 - Comparativo dos indicadores por classes de população para o período de 2007 a 2011 .....	40
Figura 4 - Gráfico relacionando o índice de perdas de faturamento com o índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado do agreste brasileiro para o ano de 2012.	40
Figura 5 - Comparativo dos indicadores por classes de população para o ano de 2012 .....	41

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Objetivos.....	11
1.1.1 Objetivo geral.....	11
1.1.2 Objetivos específicos.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 Perdas de água.....	12
2.1.1 Perdas reais.....	13
2.1.2 Perdas aparentes.....	15
2.2 Indicadores de desempenho.....	15
2.2.1 Sistemas de indicadores para os serviços de abastecimento de água.....	17
2.3 Estado da Arte.....	19
2.3.1 <i>Benchmarking</i> .....	19
2.3.2 Indicadores de desempenho.....	20
2.4 <i>Boxplot</i> .....	23
3 METODOLOGIA.....	25
3.1 Estudo de caso.....	25
3.2 Seleção dos indicadores de desempenho.....	26
3.3 Avaliação segundo diferentes estratos populacionais.....	31
3.4 Análise de dados.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS.....	43
ANEXO A - Municípios do Agreste Alagoano e sua população.....	46
ANEXO B - Municípios do Agreste Baiano e sua população.....	47
ANEXO C - Municípios do Agreste Pernambucano e sua população.....	48
ANEXO D - Municípios do Agreste Sergipano e sua população.....	50
ANEXO E - Municípios do Agreste Paraibano e sua população.....	51
ANEXO F - Municípios do Agreste Potiguar e sua população.....	53
APÊNDICE A - Municípios desconsiderados na avaliação do período 2007-2011.....	55
APÊNDICE B - Municípios desconsiderados na avaliação do ano de 2012.....	56

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e vital para a sobrevivência de todos os seres vivos. Trilhões de litros de água tratada são desperdiçados todos os anos, seja pelo mau uso do recurso pela população ou pelas perdas na distribuição. A deterioração dos recursos hídricos vem gerando problemas de escassez e causando conflitos entre os diversos usuários da água, o que traz a tona questionamentos sobre a situação atual e futura desse precioso recurso no mundo.

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento - SNIS (2014), o índice de perdas na distribuição de água no Brasil tem média de 36,9%, o que é um valor alto, ainda mais se for considerado que há regiões no país com perdas muito maiores que a média, como o Nordeste (44,6%). Um nível aceitável de perdas, segundo Tsutiya (2006), seria de 25%.

O Agreste brasileiro é uma das regiões do país que mais sofrem com a escassez de água, necessitando urgentemente de soluções que visem diminuir o desperdício de água, o que, consequentemente, aumentaria a eficiência do uso. Em contraste com a pouca disponibilidade hídrica da região, o índice de perdas de água é alto, o que é inaceitável para uma região com tal característica.

Para alcançar um patamar aceitável de perdas de água, é necessário melhorar o sistema de abastecimento de água como um todo, com ações voltadas para a redução das perdas, aparentes e reais, através, por exemplo, da diminuição do volume perdido por vazamentos, da minimização das perdas comerciais provocadas pela não contabilização de água, seja por erro de medição ou por roubo.

De acordo com Toneto Júnior *et al.* (2013), uma simples redução de 10% nas perdas de distribuição de água no país acarretaria em um ganho de R\$ 1,3 bilhão ao ano. Se as perdas caíssem para 20%, haveria um acréscimo de 10,3 bilhões, cerca de 50% do faturamento anual do setor, estimado em R\$ 20,8 bilhões, que poderiam ser investidos na melhoria dos sistemas pré-existentes e na universalização dos serviços de água e esgoto.

Portanto, é de suma importância que os prestadores de serviços de abastecimento estabeleçam um nível mínimo de eficiência operacional e de controle de perdas, avaliando o desempenho dos sistemas aos quais atendem, de modo a ter o conhecimento das áreas mais carentes de investimentos. A avaliação de desempenho permite medir as metas e os objetivos da prestação de serviços e se apresenta como a melhor alternativa para o acompanhamento

dos serviços prestados, com aplicações diretas para os gestores, as agências reguladoras, os investidores, os usuários, a sociedade e os próprios prestadores de serviços (BEZERRA e CHEUNG, 2013).

Os indicadores de desempenho são ferramentas essenciais para esse tipo de avaliação, pois podem dar subsídios que tornam mais fácil o processo de decisão dos gestores quanto à solução de problemas. Eles podem ser definidos como uma parte da informação a qual é usada para medir e acompanhar a situação e o progresso de um sistema, ou seja, é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma determinada situação (MARZALL e ALMEIDA, 2000 *apud* TEMÓTEO, 2012).

Ferreira (2010) diz que os indicadores servem como instrumento de apoio à monitorização, medindo até que ponto os objetivos estão sendo cumpridos e avaliando se os recursos disponíveis estão sendo otimizados para a produção de determinado serviço, que nesse estudo se refere ao abastecimento de água. Existem vários indicadores propostos para avaliar a eficiência dos serviços de abastecimento de água, e para esta pesquisa, foram utilizados os indicadores de desempenho apresentados no “Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos” do Sistema Nacional de Informações de Saneamento - SNIS relacionados às perdas de água.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

O presente estudo objetiva avaliar a eficiência dos serviços de abastecimento de água no agreste brasileiro, com base nos indicadores de desempenho definidos pelo SNIS relacionados às perdas de água.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Determinar o *benchmarking* dos sistemas avaliados.
- Comparar os indicadores de todas as cidades analisadas com os valores de referência.
- Classificar os municípios quanto à eficiência dos serviços de abastecimento de água.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para compreender melhor o assunto tratado nessa pesquisa, é importante descrever alguns conceitos inerentes ao controle de perdas de água nos sistemas de distribuição de água e aos indicadores de desempenho.

### 2.1 Perdas de água

Um dos maiores motivos da ineficiência das companhias gestoras dos serviços de abastecimento de água são as perdas de água. Essas perdas ocorrem desde a captação nos mananciais até o fornecimento da água para a população. Os motivos são variados, e podem acontecer, por exemplo, devido a rupturas nas tubulações de água, furtos e redes mal dimensionadas (BARATA, 2006 *apud* MARTINS, 2009).

No Brasil, o volume de água perdido na distribuição é alto, de maneira geral. O índice de perdas na distribuição definido pelo SNIS pode ser utilizado como parâmetro para avaliar esse quesito. O Quadro 1 apresenta o índice de perdas na distribuição de água, em valores médios, segundo tipo de prestador de serviços, região geográfica e média do Brasil para os participantes do SNIS em 2012.

**Quadro 1 - Índice de perdas na distribuição de água, Brasil, 2012**

Região	Tipo de prestador de serviços					Total (%)
	Regional (%)	Micro-regional (%)	Local direito público (%)	Local direito privado (%)	Local empresa privada (%)	
Norte	53,4	-	39,9	-	48,4	49,3
Nordeste	46,2	-	33,3	6,4	-	44,6
Sudeste	32,7	50,4	35,7	29,5	33,6	33,5
Sul	37,9	23,5	30,8	48,8	46,5	36,4
Centro-Oeste	28,7	17,8	35,5	-	45,3	32,4
Brasil	37,4	46,8	34,9	30,9	41,8	36,9

Fonte: SNIS (2014)

Em relação ao tipo do prestador de serviços de abastecimento de água, pode-se definir:

- Regional: são as companhias estaduais, que atendem a um número considerável de municípios do mesmo estado, limítrofes ou não, um dos outros.
- Micro-regional: prestador que atende a dois ou mais municípios limítrofes ou não um dos outros, no mesmo estado.
- Local Direito Público: prestador onde tanto os serviços quanto à administração fica a cargo do município.
- Local Direito Público: prestador onde os serviços de abastecimento são terceirizados e a administração fica a cargo do município.
- Local Empresa Privada: Prestador onde tanto os serviços quanto à administração fica a cargo de uma empresa privada.

A perda de água para um sistema, parcial ou total, é a diferença entre a água que entra no sistema e o consumo autorizado. Elas se dividem em perdas reais e perdas aparentes (PILCHER *et al.*, 2008).

#### 2.1.1 Perdas reais

Todo sistema de abastecimento de água está sujeito a perdas reais. É impossível anular este tipo de perda, porém, o volume de perdas reais nos sistemas brasileiros, na maioria dos casos, é muito maior que o aceitável, que seria em torno de 25%. Esse tipo de perda está relacionado aos vazamentos decorrentes das tubulações de adutoras e redes de distribuição, nos ramais de ligações prediais, nas estações de tratamento de água e nos extravasamentos de reservatórios (BEZERRA e CHEUNG, 2013). As suas principais causas são apresentadas no Quadro 2. Os vazamentos originados nas redes de distribuição de água são classificados em três grandes grupos, segundo Gumier (2005):

- Visíveis: são os vazamentos que chegam até a superfície, possuindo geralmente grandes vazões e provocam falhas no abastecimento e queda de pressão na rede. Estes vazamentos das redes são na maioria dos casos informados à companhia de água pela população.

- Não visíveis (ocultos): são os vazamentos que percolam o subsolo até encontrar um lençol freático, um canal subterrâneo ou alguma galeria existente, por onde irão escoar, contribuindo para manter estes vazamentos ocultos.
- Inerentes (inevitáveis): são os vazamentos com vazões muito pequenas, em tubulações profundas, que, geralmente, não são detectados por meio de equipamentos.

**Quadro 2 - Principais causas dos vazamentos**

Localização	Causas internas	Causas externas
Reservatórios	Má qualidade dos materiais Má execução da obra Envelhecimento dos materiais Falta de manutenção	<b>Ambiente:</b> Carga de tráfego Agressividade do solo Poluição do solo
Sistemas de Bombeamentos	Desgastes de gaxetas Ajustes inadequados nos registros Pressões elevadas Envelhecimento Falta de manutenção	
Tubulações	Má qualidade dos materiais Corrosão Envelhecimento Assentamento inadequado Encaixes inadequados Aterramento incorreto Danos nas tubulações Profundidade inadequada Transientes hidráulicos Qualidade da água Excesso de pressão Variações bruscas de pressão	<b>Desastres naturais:</b> Movimentos de terra Deslizamentos Movimentos sísmicos

Fonte: TARDELLI FILHO (2005 *apud* BEZERRA e CHEUNG, 2013).

Diversos trabalhos têm apresentado estudos voltados para o controle de perdas reais para casos reais (QUEVEDO *et al.*, 2013; DINIZ e DALFRÉ FILHO, 2013 etc.). Quevedo *et al.* (2013) apresentaram uma metodologia para detectar perdas reais de água em redes urbanas de distribuição de água. O método proposto baseia-se no emprego combinado das técnicas vazão mínima noturna e Balanço Hídrico da IWA. A vazão mínima noturna permitiu distinguir as perdas reais e aparentes em um determinado distrito de medição e controle. A metodologia foi aplicada em um distrito de medição e controle (DMC) da rede de distribuição de água na cidade Barcelona, Espanha.

Diniz e Dalfré Filho (2013) descreveram um método para diagnóstico e redução do nível de perdas reais. Os autores estudaram o sistema distribuidor do Setor Casa Verde, que é o mais importante no sistema Cantareira de São Paulo (responsável por 60% do fornecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo). O diagnóstico foi realizado no software Water Audit 4 da American Water Works Association (AWWA).

### 2.1.2 Perdas aparentes

Consistem em todos os tipos de imprecisões de medidores (na entrada de água, na saída de água e nas casas dos consumidores) e no consumo não autorizado (por roubo ou uso ilegal). Também são denominadas perdas comerciais (PILCHER, 2008). Os hidrômetros que submedem (submedição) são uma das principais causas das perdas aparentes nas companhias de saneamento (BEZERRA e CHEUNG, 2013).

Esse tipo de perda causa um maior impacto financeiro nas companhias devido ao fato de que, além dos custos relativos à produção de água, perde-se o valor agregado da água entregue à população. Os motivos relacionados a este tipo de perda, de acordo com Moura *et al.* (2004 *apud* MARTINS, 2009) são:

- Ligações clandestinas.
- Ligações não hidrometradas.
- Hidrômetros parados.
- Hidrômetros que submedem.
- Ligações inativas reabertas.
- Erro de leitura.

## 2.2 Indicadores de desempenho

Para alcançar os seus objetivos, as companhias prestadoras de serviços devem procurar altos padrões de eficiência e de eficácia. Os indicadores de desempenho são instrumentos de apoio à monitoração da eficiência e da eficácia da companhia, facilitando uma avaliação que se feita de outra maneira, poderia ser mais complexa e subjetiva (ALEGRE *et al.*, 2004).

Além disso, os indicadores de desempenho podem trazer outros benefícios para as unidades gestoras ou para os usuários diretos, como os destacados por Alegre *et al.* (2004):

- Facilita uma resposta melhor e mais rápida por parte dos gestores.
- Permite uma melhor monitoração dos efeitos das decisões da gestão.
- Permite destacar os pontos fortes e fracos dos diversos setores das entidades gestoras, e assim apoiar a adoção de medidas corretivas para a melhoria da produtividade, dos procedimentos e das rotinas de trabalho.
- Facilita a implementação de um sistema de Gestão pela Qualidade Total, constituindo um meio de valorização da qualidade global e da eficiência no seio da organização.
- Facilita a implementação de rotinas de *benchmarking*, seja ela internamente à entidade gestora (comparando o desempenho obtido em unidades operacionais ou em subsistemas diferentes), ou externamente (comparando o seu desempenho com o de outras entidades gestoras semelhantes), promovendo melhoras no desempenho.
- Proporciona uma base técnica de suporte a processos de auditoria da entidade gestora e de previsão dos efeitos das recomendações resultantes dessas auditorias.
- Fornece um quadro de referência comum para comparação do desempenho de entidades gestoras e para identificação de possíveis medidas corretivas.
- Proporciona um meio de traduzir processos complexos em informação objetiva e de fácil interpretação para os cidadãos.

Apesar de serem ótimas ferramentas, é necessário ter cautela na utilização desses indicadores, pois os mesmos são uma simplificação da realidade, que é mais complexa. Diante deste fato, de acordo com Galvão Júnior e Silva (2006), não se pode caracterizar determinado serviço através de apenas um ou dois indicadores de desempenho, pois assim se correria o risco de interpretar de maneira errônea a realidade. Logo, para fazer uma avaliação correta, é importante a utilização de vários indicadores, que forneçam todas as informações necessárias para a avaliação do serviço em questão.

No caso dos indicadores escolhidos para avaliação dos sistemas de abastecimento de água e o esgotamento, esses devem fornecer uma base segura para: possibilitar o planejamento das ações e a avaliação de seus resultados; possibilitar a análise de desempenho, podendo assim haver uma comparação entre diferentes sistemas e operadores de serviços e contribuir na definição de políticas públicas para o setor de saneamento, nas três esferas de governo: municipal, estadual e federal (GALVÃO JÚNIOR e DA SILVA, 2006). Na escolha dos indicadores, devem-se evitar alguns erros que são cometidos comumente, de acordo com Galvão Júnior e Silva (2006):

- Agregar muitos dados: se muitos dados forem reunidos, a mensagem final que este acarreta pode ser indecifrável. Um bom exemplo é o PIB (produto interno bruto), que junta tanto o fluxo monetário por mudanças boas (educação e saúde, por exemplo), quanto pelas mudanças ruins (aumento do número de internações e do crime, por exemplo).
- Medir o que é mensurável em detrimento de medir o que é importante: como exemplo clássico, tem-se a medida da riqueza das pessoas em valores monetários, em vez de medi-la pela qualidade de vida.
- Dependere de falsos modelos: Por exemplo, pensar que a taxa de natalidade reflete a disponibilidade de programas de planejamento familiar, quando, na verdade, reflete a liberdade da mulher em utilizar tais programas.
- Falsificar deliberadamente os dados: se um índice carrega más notícias, alguns maus governantes são tentados a perdê-los ou suprimi-los, mudando seus termos e definições. O Brasil conta como desempregadas somente as pessoas que efetivamente procuram por emprego, e não computam os que, embora ainda desempregados, desistam de procurar.
- Desviar a atenção da experiência direta: percepções e experiências devem ser adequadamente inseridas na escolha, análise e comunicação dos indicadores.
- Confiar demais nos indicadores: levar em consideração a possibilidade de que os indicadores possam estar incorretos e por serem um reflexo parcial da realidade, podendo deixar de apresentar detalhes.

### 2.2.1 Sistemas de indicadores para os serviços de abastecimento de água

A literatura recente apresenta diversos sistemas de avaliação de desempenho aplicáveis aos serviços de abastecimento de água e/ou tratamento de águas residuárias (RODRIGUES, 2009; NEGRISOLLI, 2009; FERREIRA, 2010; TEMÓTEO, 2012). Destacam-se os sistemas apresentados pela *International Water Association – IWA*, pelo *Office of Water Services – OfWat*, pelo Banco Mundial, pela *Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas – ADERASA*, pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS e pela Associação Brasileira de Agências Reguladoras – ABAR. Os sistemas propostos pelo SNIS e pelo IWA estão dispostos a seguir:

### *Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS*

Segundo informações do site do SNIS<sup>1</sup>, este sistema foi criado pelo governo federal no ano de 1996, com base nos dados referentes ao ano anterior, no âmbito do Programa de Modernização do Setor de Saneamento – PMSS. Estruturalmente falando, o SNIS está vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA do Ministério das Cidades. Os dados referentes aos serviços de água e de esgotos são atualizados anualmente, dando subsídios para uma avaliação de desempenho dos prestadores de serviços. Consolidou-se como o maior e mais importante banco de dados do setor de saneamento brasileiro, servindo a múltiplos propósitos nos níveis federal, estadual e municipal, dentre os quais destacam-se:

- Planejamento e execução de políticas públicas de saneamento.
- Orientação da aplicação de recursos.
- Conhecimento e avaliação do setor saneamento.
- Avaliação de desempenho dos prestadores de serviços.
- Aperfeiçoamento da gestão, elevando os níveis de eficiência e eficácia.
- Orientação de atividades regulatórias.
- *Benchmarking* e guia de referência para medição de desempenho.

Os dados coletados pelo SNIS abrangem os prestadores de serviço microrregionais e regionais, e a partir desses dados, são calculados os indicadores de desempenho. Os indicadores são apresentados anualmente no Glossário de Termos e Relação de Indicadores, onde constam os nomes, definições, unidades de medida dos indicadores, além das fórmulas de cálculo e de definições complementares, necessárias para ter um completo entendimento do que é apresentado (GALVÃO JÚNIOR e DA SILVA, 2006). A classificação e a quantidade de indicadores por grupo estão dispostas no Quadro 3.

---

<sup>1</sup> Disponível em <http://www.snis.gov.br/>

**Quadro 3 - Grupo de indicadores do SNIS**

<b>Grupo de Indicadores</b>	<b>Quantidade</b>
Econômico - Financeiros e Administrativos	30
Operacionais – Água	22
Operacionais – Esgoto	8
Balanço Contábil	9
Qualidade dos Serviços	13
<b>TOTAL</b>	<b>82</b>

Fonte: SNIS (2014)

## 2.3 Estado da Arte

### 2.3.1 *Benchmarking*

A metodologia do *benchmarking* nasceu na década de 70, e teve como princípio a criação de um processo sistemático de pesquisa sobre os processos de gestão e produção, que visava absorver as melhores práticas utilizadas pelas organizações em destaque na época. Durante as décadas de 80 e 90 este conceito foi difundido em todo mundo e seu uso estendeu-se, principalmente, em organizações americanas (INSTITUTO DE APOIO ÀS PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS E À INOVAÇÃO, [200-]).

De acordo com Blokland (2009), o *benchmarking* refere-se a um processo de análise de dados, buscando fazer comparações, de acordo com vários objetivos, para melhoria das práticas na atividade de determinado setor, identificando problemas processuais, ou mesmo os pontos fortes do setor.

Na avaliação dos sistemas de abastecimento de água, a metodologia de *benchmarking* vem sendo bastante utilizada, como meio para atingir a melhoria da eficiência operacional dos sistemas.

Temóteo (2012) propôs a utilização de doze indicadores e também de um sistema de *benchmarking* dos serviços de abastecimento e esgotamento sanitário, voltados às populações vulneráveis do estado de São Paulo, com a intenção de apoiar políticas de ampliação de acesso e melhoria da qualidade dos serviços à população. Foram estudados alguns modelos de indicadores, que responderam a diversas relações existentes nos cenários vividos. Nenhum desses modelos foi desenhado especificamente para o Brasil, com vistas às populações vulneráveis, contudo serviram como base para o estudo. Devido a essa não especificidade dos modelos estudados, não foi indicado a utilização de modelos pré-arquitetados, uma vez que

eles reuniam adequações e fragilidades em diferentes aspectos relacionados a necessidade das populações vulneráveis. Assim, com base nos estudos de diferentes modelos, surgiu a estruturação da proposta de *benchmarking* dos sistemas de abastecimentos de água e esgotamento sanitário, direcionados às populações vulneráveis.

Pertel *et al.* (2013) definiram quais companhias estaduais de saneamento no Brasil tem o melhor desempenho em termos de controle de perdas – *benchmarking*, tendo como base de avaliação os indicadores de desempenho relacionados ao controle de perdas totais definidos pelo SNIS. A metodologia utilizada baseou-se em estatística descritiva para a determinação do *benchmarking* e avaliar as companhias segundo diferentes estratos populacionais. Como resultado final, foram destacados quatro prestadores com o melhor desempenho (Cagece, Copasa, Saneatins e Sanepar). Através dos resultados apresentados na pesquisa, os prestadores poderão avaliar seu desempenho quanto aos indicadores e classes de tamanho populacional, para assim buscar soluções para os problemas existentes.

### 2.3.2 Indicadores de desempenho

Diversos trabalhos têm apresentado estudos voltados para o uso de indicadores de desempenho na avaliação dos sistemas de abastecimento de água, principalmente com o uso dos indicadores propostos pela IWA e pelo SNIS (MARTINS, 2009; FERREIRA, 2010 e BOAVENTURA, 2013).

A International Water Association – IWA é uma organização sem fins lucrativos que busca cobrir todas as facetas do ciclo da água. Tem a missão de servir como uma rede mundial para profissionais da área de Recursos Hídricos e no avanço da melhoria das práticas sustentáveis da água. Ela foi criada em 1999, através da fusão de duas associações: a Indiana Water Ski Association - IWSA e a International Association on Water Quality - IAWQ. A associação fornece serviços de informação sobre todos os aspectos da água, inclusive sobre os indicadores de desempenho, que estão disponíveis no documento técnico “Performance Indicators for Water Supply Services”. Na publicação do manual referente ao ano de 2006, a IWA possuía um total de 170 indicadores, divididos em seis grupos: Indicadores de recursos hídricos; indicadores de recursos humanos; indicadores infraestruturais; indicadores operacionais; indicadores de qualidade de serviço e indicadores econômico-financeiros.

Heller *et al* (2009) apresentaram uma metodologia quali-quantitativa, visando à comparação do desempenho tecnológico de serviços de água e esgotos. O modelo foi

constituído por indicadores de desempenho que, combinados por meio de análise multicritério (modelo TOPSIS), propiciam uma hierarquização da qualidade tecnológica dos serviços. Essa metodologia foi utilizada nos municípios de Itabirito, Ouro Preto, Nova Lima e Vespasiano (Minas Gerais). Buscando explorar as particularidades do desempenho de cada serviço, os resultados permitiram identificar diferenças tecnológicas significativas entre os municípios, reveladas nos aspectos de cobertura por redes, como controle de perdas, qualidade da água, estações de tratamento e tarifas. Os pesquisadores verificaram que os serviços administrados diretamente pelas prefeituras municipais apresentaram desempenho inferior aos gerenciados pela companhia estadual.

Martins (2009) avaliou o nível de perdas de um sistema de abastecimento de água da cidade de São João de Lobrigos (Portugal), utilizando como metodologia a aplicação do balanço hídrico e de indicadores de desempenho propostos pela IWA. Os resultados obtidos foram preocupantes, encontrando-se muito acima de valores cientificamente aceitos. Assim, a pesquisa verificou o quanto é necessário o estabelecimento de estratégias de controle de perdas de águas voltadas para os sistemas avaliados.

Negrisolli (2009) apresentou uma sistemática para avaliação de dados e indicadores de perdas utilizadas nas empresas de saneamento, para tal, o autor calculou e avaliou três indicadores de perdas: índice de perdas percentual, índice de perdas por ligação ou por economia e índice de perdas total. Para a avaliação final da proposta, foram utilizadas as ferramentas estatísticas da qualidade como instrumento de análise e gestão de dados e informações geradoras dos indicadores.

Rodrigues (2009) apresentou uma alteração e complemento da metodologia de avaliação do Instituto Regulador de Águas e Resíduos – IRAR de Portugal, que impossibilitava a atribuição de um valor quantitativo ao desempenho das entidades gestoras de abastecimento de água. O trabalho propôs uma metodologia baseada na aplicação de técnicas de análise qualitativas que permitem uma classificação quantitativa traduzida por índice de qualidade de serviço. Os indicadores de desempenho adotados pelo IRAR representam critérios aos quais se podem aplicar pesos, cuja combinação permite atribuir uma pontuação à entidade em avaliação, tanto a nível global como setorial. O processo de avaliação multicritério é muito utilizado no Planeamento Territorial como forma de estabelecimento de regras de decisão através da combinação ponderada de critérios e da sua progressiva agregação. Com esta nova aplicação da análise multicritério no setor do abastecimento de água, criou-se índices de qualidade (global ou setorial) para cada entidade

gestora de sistemas de abastecimento de água, reguladas pelo IRAR. Nos resultados da pesquisa foi possível obter um ranking de todas as entidades avaliadas num determinado ano, analisar a evolução da entidade de ano para ano e verificar quais as debilidades e as potencialidades de cada entidade ou mesmo do conjunto, facilitando questões de gestão para obtenção de melhorias dentro de cada empresa.

Souza *et al* (2010) apresentaram uma proposta para a análise e melhoria da eficiência energética e de recursos hídricos em sistemas de abastecimento de água. A abordagem baseou-se na avaliação de desempenho técnico, através do cálculo de indicadores de desempenho, que permitem a identificação de prioridades e o estabelecimento de ações globais e específicas para melhorar o desempenho. A análise foi demonstrada de uma forma simplificada, através da aplicação da metodologia a um estudo de caso real, para que fossem relacionadas as condições precárias do sistema de distribuição com indicadores de perdas e de gestão de energia. O autor salienta que a proposta deve ser mais explorada e complementada com o desenvolvimento de um conjunto de instrumentos e tecnologias para auxiliar o processo de tomada de decisão, tais como modelos de simulação, algoritmos de otimização, análise multicriterial, a fim de encontrar a solução mais adequada em cada situação em particular.

Ferreira (2010) realizou outro estudo em Portugal utilizando como metodologia a aplicação do balanço hídrico e dos indicadores de desempenho da IWA. O local escolhido para o estudo foi o município de Santiago do Cacém e os resultados obtidos só reforçaram a necessidade de se ter um bom controle relacionado a perdas de água.

Rodrigues (2012) analisou o desempenho hidroenergético de Sistemas de Abastecimento de Água do Município de Marabá-PA da Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA. O estudo foi realizado em três fases, tendo informações do SNIS e da COSANPA. Na primeira fase, foi analisada a rotina operacional de abastecimento de água do sistema Nova Marabá – Cidade Nova e do sistema Marabá Pioneira no ano de 2010, com ênfase nos volumes produzidos de água e no consumo e custo de energia elétrica; na segunda fase foram determinados indicadores de desempenho hidroenergético; na terceira fase foram propostos procedimentos para a melhoria da gestão energética, que poderiam aumentar a eficiência do controle hidroenergético na operação dos sistemas, como setorização, macromedição, micromedição, automação, o que pode trazer reflexos positivos na redução dos custos para o abastecimento de água no município de Marabá-PA.

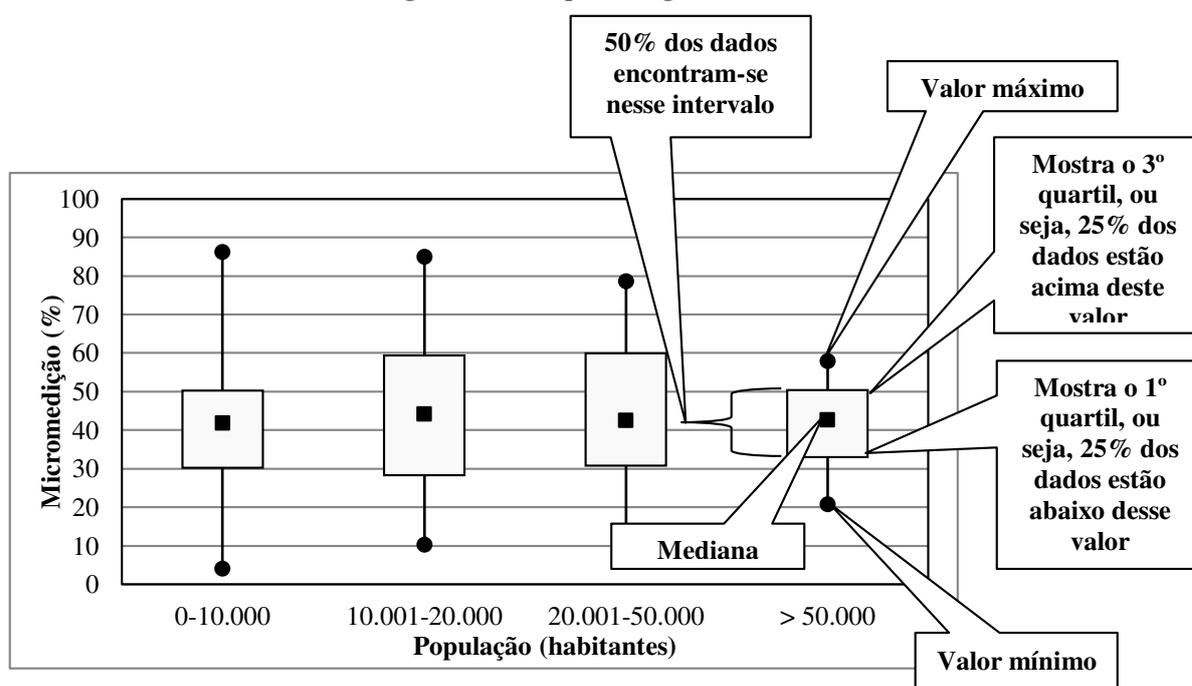
Boaventura (2013) relatou a experiência da empresa Águas do Douro e Paiva (AdDP), que é uma concessionária de um sistema municipal de abastecimento de água com atuação em

Portugal, na área dos indicadores de desempenho. Em 2001, a AdDP deu início a implementação de uma sistema de gestão integrada nas áreas de qualidade, ambiente e segurança, que juntamente com a adoção de um sistemas de indicadores de desempenho, permitiu o estabelecimento de metas para os objetivos e a monitorização de todos os processos. Essa ação resultou na melhora considerável da AdDP nas vertentes econômica, ambiental e social. As ações de melhoria energética, de redução de perdas de água, de redução de resíduos, de inovação e de risco, entre outras, têm posicionado a empresa como referência no setor.

## 2.4 Boxplot

O boxplo, também conhecido como diagrama de caixas, é um tipo de gráfico, de acordo com Salemi (2011), que apresenta os valores de mínimo, mediana, máximo, primeiro e terceiro quartil de uma determinada variável. Este deve ser utilizado quando se deseja mostrar a tendência central, a dispersão e os dados que apresentam valores extremos (*outliers*). É útil quando se deseja comparar variáveis com ampla variabilidade, como é o caso do presente estudo. A Figura 1 exemplifica o *boxplot*, apontando as denominações das partes do gráfico.

Figura 1 - O *boxplot* (diagrama de caixas)



Fonte: Elaborado pelo autor

Esse tipo de gráfico já vem sendo utilizado para a avaliação de indicadores que tem relação com as perdas de água, como no caso do estudo realizado por Negrisolli (2009), que apresentou uma sistemática para avaliação de dados e indicadores de perdas utilizadas nas empresas de saneamento. Pertel *et al* (2013) utilizaram os de diagramas de caixas para avaliar os indicadores de perdas de água segundo diferentes estratos populacionais, de acordo com os critérios de classes de cidades do IBGE. Essa proposta foi utilizada nesse estudo, mas com uma alteração nas classes populacionais, devido à pequena população das cidades do agreste brasileiro, principalmente nas cidades que apresentaram melhores resultados.

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa refere-se à avaliação da eficiência do abastecimento de água nos municípios localizados no agreste brasileiro. Para essa avaliação, foram utilizados os indicadores de desempenho relacionados a perdas de água, obtidos a partir de informações de domínio público disponibilizadas no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos do SNIS (2014). A utilização destes indicadores permite conhecer e avaliar melhor a eficiência hidráulica dos sistemas, possibilitando a hierarquização dos investimentos na região (definição dos municípios com sistemas em condições críticas).

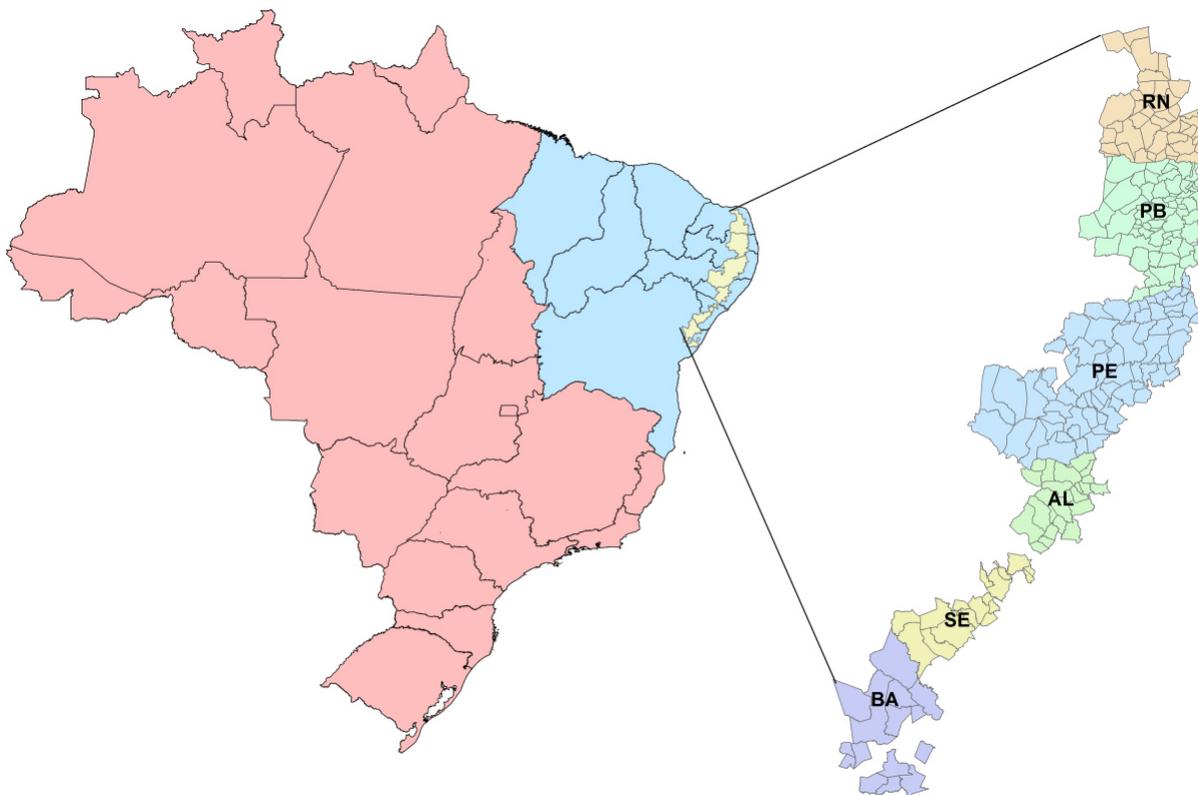
#### 3.1 Estudo de caso

O agreste brasileiro, que designa uma mesorregião da região do Nordeste, corresponde a uma área de transição entre a Zona da Mata (litoral) e o Sertão (Figura 2), abrangendo os estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio grande do Norte, o que corresponde a uma população de mais de 5,2 milhões de habitantes, distribuída em 238 cidades, segundo informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010).

A área ocupada pelo Agreste situa-se numa estreita faixa, paralela à costa. Possui como principais características: solos profundos (latossolos e argissolos), com relevo extremamente variável, associados a solos rasos (litossolos) e vegetação variável com predominância de vegetação caducifólia. O clima predominante é o semiárido, sendo uma região menos úmida que a Zona da Mata e menos seca que o Sertão.

É uma área sujeita às secas, cuja pluviometria é baixa e muito irregular ao longo do ano, ocorrendo por vezes em um curto período de tempo as chuvas esperadas para períodos mais longos, além de períodos mais escassos do que o esperado. De acordo com dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), a precipitação média anual do agreste brasileiro varia de 400 mm a 1700 mm (considerando os dados do período de 1977 até 2006), dependendo do local. Segundo os estudos realizados por Marengo *et al.* (2007), com base em relatórios do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), o agreste tende a tornar-se mais seco, aumentando assim a frequência e a intensidade das secas, o que implicará numa redução na disponibilidade de recursos hídricos da região.

**Figura 2 - Mapa da região do agreste brasileiro e sua localização no Nordeste e Brasil**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do IBGE (2013)

Dos 238 municípios do agreste brasileiro, apenas treze são abastecidas por companhias locais (ver anexos A e B), o que corresponde a 5%, o restante tem o abastecimento de água realizado por seis concessionárias estaduais, abrangendo uma população de cerca de 4,9 milhões de habitantes, são elas: COMPESA (PE), DESO (SE), CAERN (RN), CAGEPA (PB), CASAL (AL) e EMBASA (BA). As tabelas com as cidades do agreste brasileiro pertencentes a cada estado, e sua população, estão dispostas nos anexos A, B, C, D, E e F.

### **3.2 Seleção dos indicadores de desempenho**

Segundo recomendações de Zimmermann (2010), a seleção dos indicadores foi baseada na sequência de passos estabelecida pela norma ISO 24.512:2007. De acordo com aquela norma, a seleção de indicadores associados ao planejamento de uma entidade gestora de serviços de abastecimento de água deve ser precedida pela definição de objetivos e critérios de avaliação do serviço. Portanto, para o desenvolvimento deste trabalho, no âmbito do planejamento tático, foram estabelecidos inicialmente os objetivos estratégicos, uma vez que as ações desenvolvidas naquele plano correspondem à materialização do que fora definido no

nível mais amplo (estratégico). Sendo assim, adotaram-se, no âmbito desta pesquisa, os seguintes objetivos estratégicos da entidade gestora, os quais estão exemplificados pela ISO 24.512:2007:

- Fornecimento de serviços em condições satisfatórias aos usuários.
- Sustentabilidade da entidade gestora.
- Maximização do uso dos recursos naturais visando à proteção ao meio ambiente.

A pesquisa adotou os quatro indicadores de desempenhos disponibilizados pelo SNIS apresentados no Quadro 4. Observa-se que os indicadores do SNIS são calculados com base nas perdas totais, ou seja, estes não distinguem as perdas reais das perdas aparentes e de água não faturada. Neste sentido, estes indicadores devem ser interpretados como sendo referentes à totalidade do conjunto de perdas que estão sujeitos os sistemas de abastecimento de água (Pertel *et al.*, 2013).

**Quadro 4 - Indicadores utilizados do SNIS**

<b>Indicador</b>	<b>Unidade</b>
IN <sub>010</sub> : Micromedição relativo ao volume disponibilizado	(%)
IN <sub>013</sub> : Perdas de Faturamento	(%)
IN <sub>049</sub> : Índice de Perdas Totais na Distribuição	(%)
IN <sub>051</sub> : Índice de Perdas Por Ligação	(L/dia/lig.)

Fonte: SNIS (2014)

O SNIS apresenta alguns indicadores semelhantes aos preconizados pelo IWA, como no caso do indicador IN<sub>051</sub> - Índice de Perdas por Ligação (L/dia/Ligação) do SNIS, que tem como equivalente o indicador OP<sub>23</sub> - Perdas de Água por Ramal (m<sup>3</sup>/ramal/ano) do IWA; e o indicador IN<sub>050</sub> - Índice bruto de perdas lineares (m<sup>3</sup>/dia\*km) do SNIS, que tem como equivalente o indicador OP<sub>24</sub> - Perdas de Água por comprimento de conduto (m<sup>3</sup>/km/dia). Dos quatro indicadores operacionais de água relacionados ao controle de perdas do SNIS, apenas o IN<sub>050</sub> não foi utilizado, pois de acordo com Alegre (2004), os indicadores Índice de Perdas por Ligação (L/dia/Ligação) e Índice bruto de perdas lineares (m<sup>3</sup>/dia\*km) devem ser utilizados em alternativa, um ou outro, pois o indicador IN<sub>050</sub> é indicado para sistemas de distribuição de água que possuem um número inferior a 20 ligações/km de rede, o que representa geralmente sistemas de adução e subúrbios com características mais próximas às zonas rurais.

O indicador Micromedição relativo ao volume disponibilizado (IN<sub>010</sub>) corresponde à razão entre o volume de água micromedido e o volume de água disponibilizado para distribuição (Equação 1).

$$IN_{010} (\%) = \frac{V_M}{V_{CA} - V_{TE}} \times 100 \quad [1]$$

Onde  $V_M$  é o volume micromedido,  $V_{CA}$  é o volume de consumo autorizado e  $V_{TE}$  é o volume de água tratado exportado.

Segundo informações da *American Water Works Association* - AWWA, acredita-se que o cálculo da perda por meio do indicador geral de perdas de água foi documentado pela primeira vez em 1957 no relatório da “*Revenue Producing vs. Unaccounted for Water*”. Nas décadas seguintes, este indicador foi adotado por diversas empresas e agências para medir a perda de água (BEZERRA e CHEUNG, 2013).

As comparações entre indicadores percentuais de sistemas de abastecimento estruturalmente muito diferentes entre si levam a distorções grandes na interpretação. O caso mais emblemático é quando se compara um sistema com elevado consumo per capita com outro com baixo consumo per capita. Para um mesmo volume perdido, aquele sistema com maior consumo per capita obterá um indicador substancialmente menor do que o outro com menor consumo per capita. Igualmente, a presença de concentrações elevadas de indústrias (grandes consumidores) em determinado sistema também leva à obtenção de índices percentuais de perdas mais baixos (TARDELLI FILHO, 2009). O índice de perdas de faturamento (Equação 2) é considerado um indicador básico e, alguns pesquisadores, recomendam que não seja aplicado para fins operacionais. A equação 1, bem como as demais (2, 3 e 4) foram obtidas na “Relação de Indicadores” do SNIS para o ano de 2012, que pode ser encontrada no portal do SNIS<sup>2</sup>.

$$IN_{013} (\%) = \frac{V_P - V_F}{V_P} \times 100 \quad [2]$$

Onde  $V_P$  é o volume produzido (entrada no sistema) e  $V_F$  é o volume de água faturado.

---

<sup>2</sup> Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>.

O uso isolado desse indicador traz muitas distorções na análise de desempenho e comparação entre os sistemas. Ressalta-se que a avaliação isolada deste indicador não é adequada para a comparação de desempenho entre sistemas e prestadores de serviços distintos, principalmente porque não levam em consideração características que implicam diretamente no grau da perda de água dos sistemas, como, por exemplo, topografia, comprimento das tubulações, números de ligações e a forma como o sistema é operado e mantido. A conotação dada pela IWA é que esse é um “indicador financeiro” da companhia, não primordialmente “técnico” (BEZERRA e CHEUNG, 2013). O indicador geral de perdas na distribuição, referenciado no SNIS como IN<sub>049</sub>, relaciona o volume disponibilizado ou de entrada no sistema com o consumo autorizado (Equação 3).

$$IN_{049} (\%) = \frac{V_P - V_{CA}}{V_P} \times 100 \quad [3]$$

Onde  $V_P$  é o volume produzido (entrada no sistema) e  $V_{CA}$  é o volume de consumo autorizado (volume de água consumido por todos os usuários, compreendendo o volume micromedido somado com o volume de consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro parado).

O  $V_{CA}$  não deve ser confundido com o volume de água faturado, pois para o cálculo desse último, as empresas adotam consumos mínimo ou médio, que nem sempre condizem com o consumo real.

Apesar do que foi citado anteriormente, é importante a apuração sistemática dos indicadores gerais de perdas, que mostram, com certo grau de fidelidade, as tendências e a evolução das perdas nos sistemas e nas companhias, constituindo-se em uma ferramenta útil para o controle e acompanhamento do nível de perdas. De forma geral, índices superiores a 40% representam más condições do sistema quanto às perdas. Numa condição intermediária, estariam os sistemas com índices de perda entre 25% e 40%, enquanto valores abaixo de 25% indicam sistemas com bom gerenciamento de perdas (BEZERRA e CHEUNG, 2013).

O índice de perdas por ligação, referenciado como IN<sub>051</sub>, classificado como intermediário e operacional, relaciona a diferença entre volume disponibilizado e volume utilizado ao número de ligações ativas (Equação 4). Este também é um indicador volumétrico de desempenho, e as magnitudes obtidas neste indicador incorporam as perdas reais e

aparentes. Como tende a dar valores muito elevados em áreas com baixa ocupação urbana, recomenda-se seu uso para sistemas que possuem um número superior a 20 ligações/km de rede, valor que ocorre praticamente em todas as áreas urbanas.

$$IN_{051} \text{ (litros/ligação/dia)} = \frac{V_P - V_{CA}}{LIG} \quad [4]$$

Onde  $V_P$  é o volume produzido;  $V_{CA}$  é o volume de consumo autorizado e  $Lig$  é o número de ligações ativas.

Como é esperado, não há um indicador que possa ser aplicado com eficácia em 100% dos sistemas. No caso do  $IN_{051}$ , observa-se que existem problemas na sua adoção em locais com elevada verticalização (as ligações abastecem várias economias).

A metodologia utilizada se baseou em estatística descritiva para a determinação do *benchmarking* (valores de referência) e na avaliação dos sistemas, segundo diferentes estratos populacionais. Seguindo as avaliações realizadas por Pertel *et al.* (2013) para as companhias regionais brasileiras, assumiu-se o valor do percentil 25% como valor de referência. Os valores do *benchmarking* serão comparados com os dados das cidades, para assim avaliar a eficiência e estabelecer dois grupos:

- i. Municípios com melhor desempenho (*benchmarking*): são aqueles que apresentam um bom desempenho em todos os indicadores selecionados.
- ii. Outros municípios: aqueles que não apresentam um bom desempenho em pelo menos um dos indicadores indicados.

Para o primeiro grupo, os critérios que os definem são:

- $IN_{010} \geq$  Percentil 75%.
- $IN_{013} \leq$  Percentil 25%,  $IN_{049} \leq$  Percentil 25% e  $IN_{051} \leq$  Percentil 25%.

Isso quer dizer que, para um município ter o indicador  $IN_{010}$  enquadrado no grupo de melhores resultados, o seu valor deve ser maior ou igual que 75% dos valores de todos os

municípios analisados, referentes a este indicador, ou seja, precisa ser maior ou igual ao terceiro quartil do *boxplot*. Em relação aos demais indicadores de perdas, para serem enquadrados no grupo com os melhores resultados, os seus valores precisam ser menores ou iguais do que 25% dos valores de todas as cidades analisadas, ou seja, precisa ser menor ou igual ao primeiro quartil do *boxplot*. Os municípios que não tiveram os indicadores enquadrados nesses critérios foram classificados no segundo grupo.

### **3.3 Avaliação segundo diferentes estratos populacionais**

Para a avaliação segundo diferentes estratos populacionais, foi utilizado o gráfico do tipo *boxplot*, separando as cidades por número de habitantes. O intuito foi de analisar o comportamento dos indicadores (aumento ou diminuição dos índices) em relação ao aumento da população. A idéia inicial era utilizar a classificação de classes populacionais do IBGE, mas esta não se mostrou adequada, pois o agreste, de maneira geral, é formado por cidades pouco populosas, em contrapartida, os critérios preconizados pelo IBGE abrangem cidades bem mais populosas do que as do agreste.

### **3.4 Análise de dados**

O presente estudo apresenta os resultados com base nas informações disponibilizadas para os anos base de 2007 a 2012. Foram realizadas duas análises: a primeira adotou a média dos indicadores de desempenho para os anos de 2007 a 2011, enquanto a outra utilizou os dados disponibilizados para o ano base 2012.

No primeiro caso, considerando a média dos dados de 2007 a 2011, dos 238 municípios do agreste, foram analisados 221, sendo o restante descartado por apresentarem dados inconsistentes ou serem abastecidos por companhias locais. A tabela com as cidades descartadas encontra-se no Apêndice A.

No segundo caso, considerando os dados referentes a 2012, foram analisados 203 municípios, sendo o restante descartado pelos mesmos motivos do primeiro caso. A tabela com as cidades descartadas encontram-se no Apêndice B.

Observa-se nas Tabelas 1 e 2, a população atendida pelas companhias regionais em cada estado para os dois casos.

**Tabela 1 - População atendida por companhias regionais , agreste brasileiro, 2007 – 2011**

<b>Estado</b>	<b>Prestador Regional</b>	<b>Quantidade de municípios</b>	<b>População (habitantes)</b>
Alagoas	CASAL	21	586.000
Bahia	EMBASA	14	277.000
Paraíba	CAGEPA	59	1.158.000
Pernambuco	COMPESA	70	2.199.000
Rio Grande do Norte	CAERN	39	366.000
Sergipe	DESO	18	446.000
<b>TOTAL</b>	-	221	5.032.000

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do IBGE (2010) e do SNIS (2014)

**Tabela 2 - População atendida por companhias regionais , agreste brasileiro, 2012**

<b>Estado</b>	<b>Prestador Regional</b>	<b>Quantidade de municípios</b>	<b>População (habitantes)</b>
Alagoas	CASAL	17	534.000
Bahia	EMBASA	15	287.000
Paraíba	CAGEPA	57	1.122.000
Pernambuco	COMPESA	63	2.094.000
Rio Grande do Norte	CAERN	34	325.000
Sergipe	DESO	17	436.000
<b>TOTAL</b>	-	203	4.798.000

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do IBGE (2010) e do SNIS (2014)

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para os valores médios do período de 2007 a 2011 estão apresentados nas Tabelas 3 e 4. A Tabela 3 dispõe a quantidade de municípios, para cada estado, que obtiveram índices iguais ou superiores aos valores de referência, e a quantidade de municípios enquadrados no grupo I. A Tabela 4 dispõe os valores médios dos indicadores de desempenho dos municípios, por estado.

A Compesa e a Deso apresentaram os piores resultados, pois não tiveram municípios enquadrados no grupo I - *benchmarking*. Em contraste com os altos índices apresentados, Pernambuco e Sergipe são os estados com os primeiros e terceiros piores índices de disponibilidade hídrica do Brasil, respectivamente. Barth (2012) estimou que Pernambuco e Sergipe possuem, aproximadamente, 1320 e 1743 metros cúbicos de água por ano para cada habitante, respectivamente, quando o recomendado pela Organização das Nações Unidas (ONU) é de 2500 m<sup>3</sup>/ano.

**Tabela 3 - Quantidade de municípios, por estado, pertencentes ao Grupo I (*benchmarking*), agreste brasileiro, 2007 - 2011**

Companhia	Índice de Micromedição		Índice de Perdas no Faturamento		Índice de Perdas Totais Distribuição		Índice de Perdas Totais por Ligação		Classificados no grupo I	
	Qtd.	%	Qtd.	%	Qtd.	%	Qtd.	%	Qtd.	%
Casal (AL)	4	19%	3	14%	4	24%	2	10%	2	10%
Embasa (BA)	13	93%	11	79%	14	100%	9	64%	8	57%
Cagepa (PB)	30	51%	29	49%	30	51%	27	46%	14	21%
Compesa (PE)	0	0%	6	9%	3	4%	3	4%	0	0%
Caern (RN)	3	8%	3	8%	3	8%	0	0%	1	3%
Deso (SE)	5	28%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>55</b>	<b>25%</b>	<b>52</b>	<b>24%</b>	<b>54</b>	<b>24%</b>	<b>41</b>	<b>19%</b>	<b>25</b>	<b>11%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 4 - Valores médios dos indicadores de desempenho, por estado, agreste brasileiro, 2007 - 2011

Companhia	Índice de Micromedicação (%)	Índice de Perdas no Faturamento (%)	Índice de Perdas Totais Distribuição (%)	Índice de Perdas Totais por Ligação (L/dia/lig.)
	Valores de Referência			
	≥ 48,44	≤ 12,49	≤ 30,01	≤ 109,63
	Grupo I – Benchmarking			
Casal (AL)	59,75	-02,17	19,35	80,91
Embasa (BA)	61,47	01,28	17,19	68,01
Cagepa (PB)	71,87	-11,38	15,55	58,21
Caern (RN)	61,20	-21,50	05,00	24,00
	Grupo II			
Casal (AL)	32,44	36,64	46,34	518,46
Embasa (BA)	58,80	10,85	23,74	120,10
Cagepa (PB)	43,57	17,90	36,04	196,53
Compesa (PE)	19,67	43,10	56,45	483,48
Caern (RN)	26,22	40,51	52,05	463,72
Deso (SE)	45,43	43,41	53,90	381,69

Fonte: elaborado pelo autor

Os resultados para os valores do ano 2012 estão apresentados nas Tabelas 5 e 6. A Tabela 5 dispõe a quantidade de municípios, para cada estado, que obtiveram índices iguais ou superiores aos valores de referência e a quantidade de municípios enquadrados no grupo I. A Tabela 6 mostra os valores dos indicadores de desempenho dos municípios, por estado. A Compesa, diferentemente da análise anterior, apresentou três municípios no grupo I, enquanto a Deso, novamente não apresentou municípios nesse grupo.

Tabela 5 - Quantidade de municípios por estado, pertencentes ao Grupo I, agreste brasileiro, 2012

Companhia	Índice de Micromedicação		Índice de Perdas no Faturamento		Índice de Perdas Totais Distribuição		Índice de Perdas Totais por Ligação		Classificados no grupo I	
	Qtd.	%	Qtd.	%	Qtd.	%	Qtd.	%	Qtd.	%
Casal (AL)	3	18%	2	12%	4	24%	3	18%	2	10%
Embasa (BA)	12	80%	10	67%	8	53%	10	67%	7	47%
Cagepa (PB)	23	40%	32	56%	31	54%	29	51%	12	21%
Compesa (PE)	9	14%	5	8%	5	8%	7	11%	3	5%
Caern (RN)	0	8%	2	6%	3	9%	2	6%	1	3%
Deso (SE)	2	12%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>24%</b>	<b>51</b>	<b>25%</b>	<b>54</b>	<b>25%</b>	<b>51</b>	<b>25%</b>	<b>25</b>	<b>12%</b>

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 6 - Valores dos indicadores de desempenho dos municípios, por estado, agreste brasileiro, 2012

Companhia	Índice de Micromedicação (%)	Índice de Perdas no Faturamento (%)	Índice de Perdas Totais Distribuição (%)	Índice de Perdas Totais por Ligação (L/dia/lig.)
	Valores de Referência			
	≥ 52,90	≤ 6,32	≤ 27,25	≤ 109,63
	Grupo I – Benchmarking			
Casal (AL)	73,58	-17,32	7,86	32,36
Embasa (BA)	73,13	-5,03	18,28	71,81
Cagepa (PB)	67,31	-2,93	18,44	74,16
Compensa (PE)	65,16	-11,31	18,04	66,76
Caern (RN)	81,67	-16,56	9,05	44,53
Grupo II				
Casal (AL)	34,75	35,00	44,46	300,29
Embasa (BA)	60,88	8,41	27,65	119,37
Cagepa (PB)	45,01	12,88	27,29	142,02
Compesa (PE)	34,31	32,08	46,61	317,22
Caern (RN)	30,12	38,16	51,19	374,18
Deso (SE)	44,48	41,81	55,20	384,32

Fonte: elaborado pelo autor

Com relação à avaliação dos dados de 2012, as companhias Casal, Cagepa, Caern e Deso mantiveram, em termos percentuais, a proporção de municípios enquadrados no grupo I. A Embasa teve uma diminuição de 57% para 47%, e a Compesa, que não tinha municípios no grupo I, obteve 5% dos municípios no grupo I.

A totalidade de municípios enquadrados no grupo I se manteve constante em termos absolutos (25 municípios), mas aumentou proporcionalmente de 11% para 12%. Apesar da quantidade de municípios serem iguais, nas duas análises, nem todos os municípios continuaram no grupo I, no ano de 2012. Do total de municípios avaliados no período, dezesseis municípios continuaram no grupo I (Quadro 5) e oito foram classificados no grupo II (Quadro 6). Desses oito, sete municípios obtiveram três dos quatro indicadores classificados dentro da faixa do grupo I e um deles (Cardeal da Silva - BA) não obteve nenhum indicador classificado no grupo I.

**Quadro 5 - Resultado final - Municípios que pertencem ao grupo I (Benchmarking)**

Município	Estado
Feira Grande	AL
São Sebastião	AL
Aramari	BA
Crisópolis	BA
Itanagra	BA
Itapicuru	BA
Rio Real	BA
Sátiro Dias	BA
Esperança	PB
Logradouro	PB
Natuba	PB
Pirpirituba	PB
Puxinanã	PB
Riachão	PB
Serraria	PB
Serrinha	RN

Fonte: elaborado pelo autor

**Quadro 6 - Municípios que pertencem ao grupo I somente na avaliação do período 2007 - 2011**

Município	Estado	Indicador não enquadrado no grupo I em 2012
Aporá	BA	IN <sub>013</sub>
Areia	PB	IN <sub>013</sub>
Cardeal da Silva	BA	Todos
Cuité	PB	IN <sub>010</sub>
Dona Inês	PB	IN <sub>013</sub>
Juarez Távora	PB	IN <sub>010</sub>
Pilões	PB	IN <sub>049</sub>
Pocinhos	PB	IN <sub>013</sub>

Fonte: elaborado pelo autor

Além dos municípios que foram classificados no grupo I para as duas análises, nove foram classificados no grupo I somente para o ano de 2012 (Quadro 7). Cinco desses municípios já tinham três dos quatro indicadores dentro da faixa do *benchmarking*, na análise referente ao período de 2007 até 2011: Alagoa Grande (PB), Araçagi (PB), Damião (PB),

Pojuca (BA) e Soledade (PB), mostrando que a eficiência dos serviços, que já poderia ser considerada satisfatória, foi melhor em 2012. Com base na avaliação dos dados de 2012, a Compesa obteve uma pequena melhora nos resultados. Inicialmente, a companhia não tinha nenhum município enquadrado no grupo I, na segunda análise, apresentou três municípios que mudaram do grupo II para o grupo I, são eles: Brejo da Madre de Deus, Machados e Sairé. O município de Solânea - PB só tinha um indicador classificado no grupo I (IN<sub>013</sub>) nos anos anteriores e no ano de 2012 também foi classificado no grupo I.

**Quadro 7 - Municípios classificados no grupo I apenas no ano de 2012**

Município	Estado
Alagoa Grande	PB
Araçagi	PB
Brejo da Madre de Deus	PE
Damião	PB
Machados	PE
Pojuca	BA
Sairé	PE
Solânea	PB
Soledade	PB

Fonte: elaborado pelo autor

Verificou-se, nas duas análises, que a companhia de Sergipe (Deso) apresentou os piores resultados, não tendo nenhum município com os quatro indicadores satisfazendo os valores de referência.

Os melhores resultados deste trabalho foram da companhia da Bahia (Embasa), com 43% dos municípios analisados atendendo aos quatro indicadores, simultaneamente. Porém, uma pesquisa realizada por Pertel (2014) para todas as concessionárias regionais do Brasil demonstrou que nenhuma das seis concessionárias avaliadas neste estudo foi classificada como *benchmarking*, sugerindo a necessidade de investimentos na região e demonstrando a severa deficiência de equilíbrio entre a gestão técnica operacional e comercial de tais companhias.

Vale salientar que, os valores negativos de perdas de faturamento ocorrem, provavelmente, porque na região predominam cidades pequenas (população média das cidades com índice negativo igual a 14.882 habitantes). Nestas cidades, a grande maioria da população é de baixa renda, possuindo um baixo consumo de água, que em muitos casos é

menor do que a consumação mínima faturada pelas companhias (10 m<sup>3</sup>/mês). Assim, o volume de água faturado é maior do que o volume real de consumo.

Comparando os resultados apresentados para as cidades do agreste brasileiro com a média no Brasil em 2012 (Tabela 7), tem-se que os valores de referência adotados são mais restritivos que a média brasileira. Desde modo, todas as cidades do grupo I obtiveram resultados melhores que a média brasileira, diferentemente das cidades do grupo II. Para o indicador de micromedição (IN<sub>010</sub>), apenas 17% das cidades do grupo II obtiveram resultados melhores que a média brasileira. Para o indicador de perdas de faturamento (IN<sub>013</sub>), 59% obtiveram valores inferiores à média (35,48%), o que mostra que para esse indicador, a maioria das cidades do agreste brasileiro tem resultados melhores que a média no Brasil. Para o indicador de perdas na distribuição (IN<sub>049</sub>), 34% dessas cidades obtiveram resultados inferiores à média brasileira (36,94%). Por fim, para o indicador de perdas por ligação (IN<sub>51</sub>), 71% obtiveram resultados inferiores à média brasileira, mostrando que, para este indicador, a região obteve resultados melhores que a média brasileira.

**Tabela 7 - Valores médios dos indicadores, Brasil, 2012**

<b>Indicador</b>	<b>Média Brasileira</b>	<b>Unidade</b>
IN <sub>010</sub> : Micromedição relativo ao volume disponibilizado	51,96	(%)
IN <sub>013</sub> : Perdas de Faturamento	35,48	(%)
IN <sub>049</sub> : Índice de Perdas Totais na Distribuição	36,94	(%)
IN <sub>051</sub> : Índice de Perdas Por Ligação	368,19	L/dia/lig.

Fonte: SNIS (2014)

Comparando os resultados da pesquisa aos valores de referência considerados ideais pela Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará - ARCE (Nordeste do Brasil), tem-se que, em relação à micromedição, somente uma cidade da Paraíba (Puxinanã) respeita o valor de referência da agência citada (indicador de prestação de serviço > 90%). Com relação às perdas no faturamento e às perdas por ligação, os valores de *benchmarking* determinados nesta pesquisa são mais restritivos que o indicador de sustentabilidade econômica financeira (< 20%) e o indicador de sustentabilidade ambiental relativo às perdas (perdas por ligação ativa < 350 L/lig.ativa/dia).

Os resultados segundo diferentes estratos populacionais são apresentados nas Figuras 3 e 5, para o período de 2007 a 2011 e para o ano de 2012, respectivamente. O agrupamento dos municípios foi estabelecido por tentativas, analisando qual tipo de agrupamento teria uma

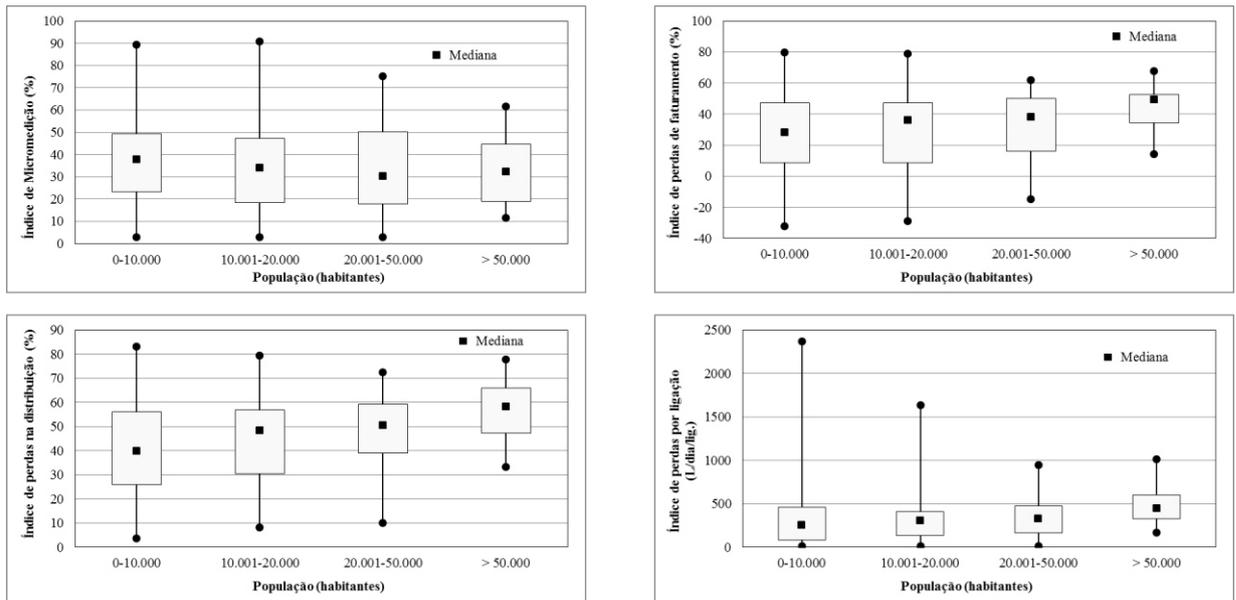
distribuição de municípios mais homogênea, para que, por exemplo, uma faixa populacional não ficasse com poucos municípios, o que distorceria a análise. O agrupamento adotado foi:

- Até 10.000 habitantes (71 municípios para 2007-2011 e 63 para 2012).
- De 10.001 a 20.000 habitantes (78 municípios para 2007-2011 e 71 para 2012).
- De 20.001 a 50.000 habitantes (54 municípios para 2007-2011 e 51 para 2012).
- Mais de 50.000 habitantes (17 municípios para 2007-2011 e 17 para 2012).

Observa-se no gráfico da Figura 3 (2007-2011), para os três indicadores de perdas de água, uma tendência de diminuição da dispersão dos dados na medida em que aumenta o número de habitantes por município. A partir de uma análise dos resultados, foi possível inferir que, a quantidade de municípios com indicadores que apresentam valores iguais ou melhores que os definidos pelo *benchmarking* diminuíram com o aumento da população, chegando ao ponto de não ter municípios enquadrados no *benchmarking* quando a cidade possuía mais de 50.000 habitantes, como foi o caso dos três indicadores de perdas. Estes resultados apontam uma tendência de diminuição da eficiência dos sistemas com o aumento da população do município. A cidade mais populosa enquadrada no grupo I foi a cidade de Rio Real – BA, que possui uma população de 37.164 habitantes.

Em relação à micromedição, percebe-se que, o aumento ou a diminuição dos seus índices, não teve relação direta com o aumento da população (Figura 3). Nota-se que, os valores de perdas dos indicadores avaliados são inversamente proporcionais ao valor de micromedição, demonstrando a importância da micromedição para o controle eficiente dos sistemas. Há uma forte assimetria dos dados para todas as faixas de população, com exceção do índice de perdas na distribuição no período. É possível inferir que os dados do índice de perdas por ligação possuem a menor precisão, quando comparados aos demais indicadores.

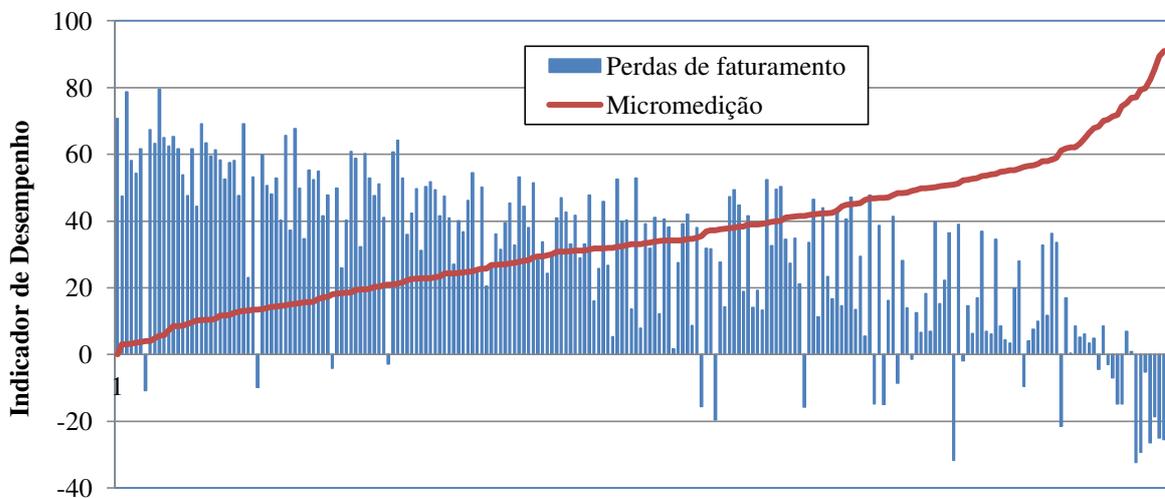
**Figura 3 - Comparativo dos indicadores por classes de população para o período de 2007 a 2011**



Fonte: elaborado pelo autor

Relacionando o índice de perdas de faturamento com índice de micromedicação relativo ao volume disponibilizado (Figura 4), é possível concluir que, em geral, as perdas de faturamento diminuem com o aumento do índice de micromedicação, enfatizando a importância de se investir na ampliação da micromedicação.

**Figura 4 - Gráfico relacionando o índice de perdas de faturamento com o índice de micromedicação relativo ao volume disponibilizado do agreste brasileiro para o ano de 2012**

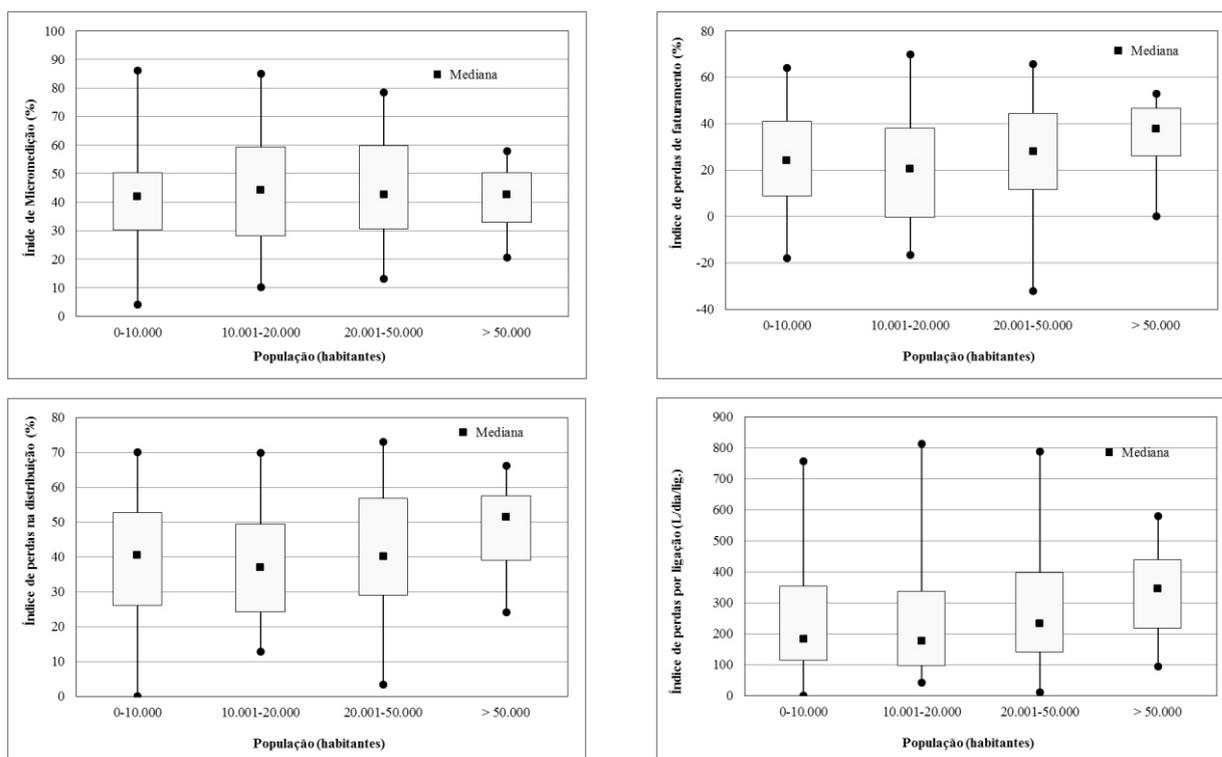


Fonte: elaborado pelo autor

Na Figura 5, observa-se que, com exceção do indicador de perdas na distribuição, os resultados da avaliação dos dados de 2012 não apresentaram uma tendência relacionada ao aumento da população. Em relação à dispersão dos dados, percebe-se claramente que houve uma tendência na diminuição da dispersão dos dados do indicador de micromedição, com o aumento da população. Para os outros indicadores, a diminuição da dispersão ocorreu a partir de 50.000 habitantes. O indicador de perdas na distribuição apresentou uma tendência de diminuição da eficiência dos sistemas com o aumento da população. Em relação à micromedição, a quantidade de municípios classificados dentro dos parâmetros do *benchmarking* foi aumentando (percentualmente) com o aumento da população, com exceção dos municípios com mais de 50.000 habitantes, onde a eficiência caiu quase que pela metade, caindo de 33% para 18%.

Semelhante aos resultados para o período de 2007-2011, foi possível inferir que os valores de perdas dos indicadores, para o ano de 2012, são inversamente proporcionais ao valor de micromedição. Também há uma forte assimetria dos dados para todas as faixas de população, com exceção do índice micromedição. Nota-se, na Figura 3, que os dados do índice de perdas por ligação possuem a menor precisão, quando comparados aos demais indicadores.

**Figura 5 - Comparativo dos indicadores por classes de população para o ano de 2012**



Fonte: elaborado pelo autor

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades de planejamento e regulação, de forma geral, dependem substancialmente de informações e dados confiáveis acerca do sistema ao qual serão aplicadas. Esta pesquisa avaliou o fornecimento de água das companhias regionais atuantes no agreste brasileiro, com base nos indicadores de desempenhos relacionados às perdas de água definidos pelo SNIS. A avaliação dos serviços pode fornecer subsídios aos gestores para a priorização de sistemas que apresentem menores desempenhos, bem como propiciar às agências reguladoras a comparação da prestação de serviços nos diversos municípios da região, resultando na definição de um *benchmarking* local. Além disso, a pesquisa também pode ser útil aos técnicos dos demais estados nordestinos, que podem adotar o estudo como base comparativa para avaliar seus sistemas.

De forma geral, os resultados apresentam uma tendência de diminuição da eficiência dos sistemas com o aumento da população do município. Os melhores resultados foram da companhia da Bahia (Embasa), com 40% dos municípios analisados enquadrados dentro dos critérios de *benchmarking*. Os piores resultados foram nos estados de Pernambuco e Sergipe, que são os estados com os primeiros e terceiros piores índices de disponibilidade hídrica do Brasil, respectivamente. A Deso (SE) não apresentou nenhum município enquadrado ao grupo de *benchmarking* em nenhuma das análises.

Apesar do desenvolvimento tecnológico dos últimos anos, os resultados mostram a necessidade urgente de investimentos em micromedição e ações de controle de perdas, apontando, principalmente, para a importância de investimentos na infraestrutura e na gestão eficiente dos sistemas de abastecimento de água.

Como restrição ao uso dos resultados da pesquisa, identificou-se, como uma das limitações do SNIS, a falta de dados de perdas reais e aparentes, o que impossibilita o cálculo de parte dos principais indicadores de desempenho propostos pela IWA. Os resultados, apesar de fornecerem elementos válidos para análise da eficiência e eficácia dos sistemas, devem ser avaliados com cautela, pois se verificou a necessidade de uma melhoria no tratamento dos dados coletados. Atualmente, essas informações são fornecidas pelas companhias e é comum encontrar informações incoerentes e atribuídas sem critérios técnicos.

## REFERÊNCIAS

ALEGRE, H.; WOLFRAM, H.; Baptista, J. M.; PARENA, R. **Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água**. Tradução e adaptação por: Patrícia Duarte, Helena Alegre e Jaime Melo Baptista. Lisboa: LNEC e IRAR, 2004.

BARTH, F.T. **Aspectos institucionais do gerenciamento de recursos hídricos**. In: REBOUÇAS, A.C., BRAGA, B., TUNDISI, J.G. *Águas doces do Brasil: Capital ecológico e conservação*, 2ª Ed., São Paulo: Escrituras Editora e Distribuidora de livros Ltda., 2002.

BEZERRA, S. T. M.; CHEUNG, P. B. **Perdas de água: Tecnologias de Controle**. 1ª edição. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013.

BLOKLAND, M. **Benchmarking for pro-poor Water Services Provision**. PROBE project full proposal, UNESCO-IHE Institute for Water Education. Delft, 2009.

BOAVENTURA, J. D. **Indicadores de Desempenho – Uma ferramenta no processo de melhoria contínua aplicada à gestão de um sistema multimunicipal**. 2013. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, especialização em hidráulica) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.

DINIZ, A. R. S.; DALFRÉ FILHO, J. G. **Physical loss evaluation in water distribution systems in the metropolitan region of São Paulo, Brazil**. *Water Resources Management* VII. v. 171, 2013, P. 356-366.

FERREIRA, C. S. J. **Indicadores de desempenho das redes de abastecimento de água: aplicação prática ao município de Santiago do Cacém**. 2010. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.

GALVÃO JÚNIOR, A. C.; DA SILVA, A. C. **Regulação: Indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto**. 2ª edição. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda, 2006.

GUMIER, C. C. **Aplicação de modelo matemático de simulação-otimização na gestão da perda de água em sistemas de abastecimento**. 2005. 162f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

HELLER, P. G. B.; SPERLING, M. V.; HELLER, L. **Desempenho tecnológico dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em quatro municípios de Minas Gerais: uma análise comparativa.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25, 2009, Recife. *Anais...* Recife: [s.n], 2009. P. 109-118.

INSTITUTO DE APOIO ÀS PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS E À INOVAÇÃO. **Benchmarking nas empresas fornecedoras de serviços de logística.** Lisboa, [200-]. 31p.

MARENCO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade – Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI.** 2ª ed., Brasília: Ministério do Meio Ambiente, v. 1, 2007.

MARTINS, C. P. F. **Balanço hídrico e indicadores desempenho no subsistema de abastecimento de água de São João de Lobrigos – Santa Marta de Penaguião.** 2009. 93f. Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2009.

NEGRISOLLI, R. K. **Análise de dados e indicadores de perdas em sistema de abastecimento de água – estudo de caso.** 2009. 191f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2009.

PERTEL, M. **Experimentos hidráulicos conjugados ao uso de indicadores de desempenho aplicados à quantificação de perdas em sistemas de abastecimento de água no Brasil.** Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – COPP, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

PERTEL, M.; AZEVEDO, J. P. S.; JÚNIOR, I. V.; PENA, M. M.. **O uso de indicadores de perdas totais para a seleção de um benchmarking entre os prestadores regionais de saneamento no Brasil.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, 2013, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: [s.n], 2013. P. 01-09.

PILCHER, R.; DIZDAR, A.; TOPRAK, S.; DE ANGELIS, E.; KOC, A. C.; DILSIZ, C.; DE ANGELIS, K.; DIKBAS, F.; FIRAT, M.; BACANLI, U. G. **The basic water loss book: A guide to the water loss reduction, strategy and application, part 1.** Ankara, Turkey: Leonardo da Vinci Project, 2008.

QUEVEDO, J.; PÉREZ, R.; PASCUAL, J.; PUIG, V.; CEMBRANO, G.; PERALTA, A. **Methodology to detect and isolate water losses in water hydraulic networks: Application to Barcelona water network.** In: Proceedings of the International Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technica - 8th SAFEPROCESS 2012. México City: IFAC, 2013, p. 922-927.

RODRIGUES, G. M. C. **Desenvolvimento de índices de qualidade de serviço em sistemas de abastecimento de água.** 2009. 240f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Municipal) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2009.

RODRIGUES, C. R. **Análise do desempenho hidroenergético de sistemas de abastecimento de água do município de Marabá-PA.** 2012. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

SALEMI, L. F. **Box-Plot: quando usar?** Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/box-plot-quando-usar/70943/>>. Acesso em 13/07/14.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2012.** Brasília: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2014.

SOUZA, E. V. S. de; COVAS, D. I. C.; SOARES, A. K.; GONÇALVES; F. V. **Metodologia para a melhoria da eficiência na utilização da água e da energia em sistemas de abastecimento de água.** [S.I]: [2010?]. 16f.

TARDELLI FILHO, J. **O indicador percentual é efetivo para o controle de perdas?** Revista DAE, No. 181, setembro 2009, pp. 35-36.

TEMÓTEO, T. G. **Indicadores de benchmarking dos serviços de saneamento voltados a populações vulneráveis.** 2012. 195f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.

TONETO JÚNIOR, R.; SAIANI, C. C. S.; RODRIGUES, R. L. **Perdas de água: Entraves ao avanço do saneamento básico e riscos de agravamento à escassez hídrica no Brasil.** São Paulo: FUNDACE, 2013.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água.** Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 3º edição. São Paulo, 2006.

ZIMERMANN, D. M. H. **O uso de indicadores de desempenho para planejamento e regulação dos serviços de abastecimento de água: SAA Capinzal/Ouro.** 2010. 188f. Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em engenharia ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

### ANEXO A - Municípios do Agreste Alagoano e sua população

ALAGOAS	
Município	População
Arapiraca	214.006
Belém	4.551
Cacimbinhas	10.195
Campo Grande	9.032
Coité do Nóia	10.926
Craíbas	22.641
Estrela de Alagoas	17.251
Feira Grande	21.321
Girau do Ponciano	36.600
Igaci	25.188
Lagoa da Canoa	18.250
Limoeiro de Anadia	26.992
Mar Vermelho	3.652
Maribondo	13.619
Minador do Negrão	5.275
Olho d' água Grande	4.957
Palmeira dos Índios	70.368
Paulo Jacinto	7.426
Quebrangulo	11.480
São Brás	6.718
São Sebastião	32.010
Tanque d'Arca	6.122
Taquarana	19.020
Traipu	25.702
<b>TOTAL</b>	<b>623.302</b>

Fonte: Adaptado do Censo (2010) e da Divisão Territorial Brasileira (2014) <sup>3</sup>do IBGE.

<sup>3</sup> Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default\\_dtb\\_int.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_dtb_int.shtm)

### ANEXO B - Municípios do Agreste Baiano e sua população

<b>BAHIA</b>	
<b>Município</b>	<b>População</b>
Acajutiba	14.653
Aporá	17.731
Araçás	11.561
Aramari	10.036
Cardeal da Silva	8.899
Catu	51.077
Crisópolis	20.046
Inhambupe	36.306
Itanagra	7.598
Itapicuru	32.261
Olindina	24.943
Ouriçangas	8.298
Pedrao	6.876
Pojuca	33.066
Rio Real	37.164
Sátiro Dias	18.964
<b>TOTAL</b>	<b>339.479</b>

Fonte: Adaptado do Censo (2010) <sup>4</sup>, de mapas do IBGE (2013) e da Conferência Territorial de Cultura (2013) <sup>5</sup>.

<sup>4</sup> Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br>

<sup>5</sup> Disponível em: <http://culturabahia.com>

**ANEXO C - Municípios do Agreste Pernambucano e sua população**

<b>PERNAMBUCO</b>	
<b>Município</b>	<b>População</b>
Agrestina	22.679
Águas Belas	40.235
Algoínia	13.759
Altinho	22.353
Angelim	10.202
Barra de Guabiraba	12.776
Belo Jardim	72.432
Betânia	12.003
Bezerros	58.668
Bom Conselho	45.503
Bom Jardim	37.826
Bonito	37.566
Brejão	8.844
Brejo da Madre de Deus	45.180
Buíque	52.105
Cachoeirinha	18.819
Caetés	26.577
Caçado	11.125
Camocim de São Félix	17.104
Canhotinho	24.521
Capoeiras	19.593
Caruaru	314.912
Casinhas	13.766
Correntes	17.419
Cumaru	17.183
Cupira	23.390
Feira Nova	20.571
Garanhuns	129.408
Gravatá	76.458
Iati	18.360
Ibirajuba	7.534
Itaíba	26.256
Jataúba	15.819
João Alfredo	30.743
Jucati	10.604
Jupi	13.705

## ANEXO C – Continuação

<b>Município</b>	<b>População</b>
Jurema	14.541
Lagoa do Ouro	12.132
Lagoa dos Gatos	15.615
Lajedo	36.628
Limoeiro	55.439
Machados	13.596
Orobó	22.878
Palmeirina	8.189
Panelas	25.645
Paranatama	11.001
Passira	28.628
Pedra	20.944
Pesqueira	62.931
Poção	11.242
Riacho das Almas	19.162
Sairé	11.240
Salgadinho	9.312
Saloá	15.309
Sanharó	21.955
Santa Cruz do Capibaribe	87.582
Santa Maria do Cambucá	13.021
São Bento do Uma	53.242
São Caitano	35.274
São João	21.312
São Joaquim do Monte	20.488
São Vicente Ferrer	17.000
Surubim	58.515
Tacaimbó	12.725
Taquaritinga do Norte	24.903
Terezinha	6.737
Toritama	35.554
Tupanatinga	24.425
Venturosa	16.052
Vertente do Lério	7.873
Vertentes	18.222
<b>TOTAL</b>	<b>2.215.310</b>

Fonte: Adaptado do Censo (2010) e da Divisão Territorial Brasileira (2014) do IBGE.

**ANEXO D - Municípios do Agreste Sergipano e sua população**

<b>SERGIPE</b>	
<b>Município</b>	<b>População</b>
Aquidabã	20.056
Areia Branca	16.857
Campo do Brito	16.749
Cumbe	3.813
Itabaiana	86.967
Lagarto	94.861
Macambira	6.401
Malhada dos Bois	3.456
Malhador	12.042
Moita Bonita	11.001
Muribeca	7.344
Nossa Senhora das Dores	24.580
Poço Verde	21.983
Riachão do Dantas	19.386
São Domingos	10.271
São Miguel do Aleixo	3.698
Simão Dias	38.702
Tobias Barreto	48.040
<b>TOTAL</b>	<b>446.207</b>

Fonte: Adaptado do Censo (2010) e da Divisão Territorial Brasileira (2014) do IBGE.

**ANEXO E - Municípios do Agreste Paraibano e sua população**

<b>PARAÍBA</b>	
<b>Município</b>	<b>População</b>
Alagoa Grande	28.479
Alagoa Nova	19.681
Alagoinha	13.576
Algodão de Jandaíra	2.366
Araçagi	17.224
Arara	12.653
Araruna	18.879
Areia	23.829
Areial	6.470
Aroeiras	19.082
Bananeiras	21.851
Barra de Santa Rosa	14.157
Belém	17.093
Boa Vista	6.227
Borborema	5.111
Cacimba de Dentro	16.748
Caiçara	7.220
Caldas Brandão	5.637
Campina Grande	385.213
Casserengue	7.058
Cuité	19.978
Cuitegi	6.889
Damião	4.900
Dona Inês	10.517
Duas Estradas	3.638
Esperança	31.095
Fagundes	11.405
Gado Bravo	8.376
Guarabira	55.326
Gurinhém	13.872
Ingá	18.180
Itabaiana	24.481
Itatuba	10.201
Juarez Távora	7.459

**ANEXO E - Continuação**

<b>Município</b>	<b>População</b>
Lagoa de Dentro	7.370
Lagoa Seca	25.900
Logradouro	3.942
Massaranduba	12.902
Matinhas	4.321
Mogeiro	12.491
Montadas	4.990
Mulungu	9.469
Natuba	10.566
Nova Floresta	10.533
Olivedos	3.627
Pilões	6.978
Pilõezinhos	5.155
Pirpirituba	10.326
Pocinhos	17.032
Puxinanã	12.923
Queimadas	41.049
Remígio	17.581
Riachão	3.266
Riachão do Bacamarte	4.264
Salgado de São Félix	11.976
Santa Cecília	6.658
São Sebastião de Lagoa de Roça	11.041
Serra da Raiz	3.204
Serra Redonda	7.050
Serraria	6.238
Sertãozinho	4.395
Solânea	26.693
Soledade	13.739
Sossêgo	3.169
Tacima	10.262
Umbuzeiro	9.298
<b>TOTAL</b>	<b>1.213.279</b>

Fonte: Adaptado do Censo (2010) e da Divisão Territorial Brasileira (2014) do IBGE.

**ANEXO F – Municípios do Agreste Potiguar e sua população**

<b>RIO GRANDE DO NORTE</b>	
<b>Município</b>	<b>População</b>
Barcelona	3.950
Bento Fernandes	5.113
Boa Saúde	9 009
Bom Jesus	9.440
Brejinho	11.577
Campo Redondo	10.266
Coronel Ezequiel	5.405
Ielmo Marinho	12.171
Jaçanã	6.801
Jandaíra	7.925
Japi	5.522
João Câmara	32.227
Jundiá	3.582
Lagoa d'Anta	6.227
Lagoa de Pedras	6.989
Lagoa de Velhos	2.668
Lagoa Salgada	7.564
Lajes Pintadas	4.612
Monte Alegre	20.685
Monte das Gameleiras	2.261
Nova Cruz	35.490
Parazinho	4.845
Passa-e-Fica	11.100
Passagem	2.895
Poço Branco	13.949
Presidente Juscelino	8.768
Riachuelo	7.067
Ruy Barbosa	3.595
Santa Cruz	35.797
Santa Maria	4.762
Santo Antônio	22.216
São Bento do Trairi	3.905
São José do Campestre	12.356
São Paulo do Potengi	15.843

**ANEXO F - Continuação**

<b>RIO GRANDE DO NORTE</b>	
<b>Município</b>	<b>População</b>
São Pedro	6.235
São Tomé	10.827
Senador Elói de Souza	5.637
Serra de São Bento	5.743
Serrinha	6.581
Sítio Novo	5.020
Tangará	14.175
Várzea	5.236
Vera Cruz	10.719
<b>TOTAL</b>	<b>417.746</b>

Fonte: Adaptado do Censo (2010) e da Divisão Territorial Brasileira (2014) do IBGE.

**APÊNDICE A - Municípios desconsiderados na avaliação do período 2007-2011**

<b>Município</b>	<b>Estado</b>	<b>Motivo</b>
Alagoinha	PB	Abastecimento Local
Araçás	BA	Abastecimento Local
Belém	AL	Abastecimento Local
Boa Saúde	RN	Abastecimento Local
Borborema	PB	Abastecimento Local
Brejinho	RN	Abastecimento Local
Catu	BA	Abastecimento Local
Iati	PE	Abastecimento Local
Limoeiro de Anadia	AL	Abastecimento Local
Montadas	PB	Dados inconsistentes
Parazinho	RN	Dados inconsistentes
Santa Cecília	PB	Abastecimento Local
Santa Cruz	RN	Abastecimento Local
São Sebastião de Lagoa de Roça	PB	Dados inconsistentes
Sossêgo	PB	Falta de dados
Tacima	PB	Falta de dados
Tanque d'Arca	AL	Abastecimento Local
Vertente do Lério	PE	Abastecimento Local

## APÊNDICE B - Municípios desconsiderados na avaliação do ano de 2012

<b>Município</b>	<b>Estado</b>	<b>Motivo</b>
Alagoinha	PB	Abastecimento Local
Araças	BA	Abastecimento Local
Aroeiras	PB	Dados inconsistentes
Belém	AL	Abastecimento Local
Bento Fernandes	RN	Dados inconsistentes
Boa Saúde	RN	Abastecimento Local
Boa Vista	PB	Dados inconsistentes
Borborema	PB	Abastecimento Local
Brejinho	RN	Abastecimento Local
Cachoeirinha	PE	Dados inconsistentes
Caetés	PE	Dados inconsistentes
Casinhas	PE	Dados inconsistentes
Catu	BA	Abastecimento Local
Coité do Nóia	AL	Dados inconsistentes
Craibas	AL	Dados inconsistentes
Gado Bravo	PB	Dados inconsistentes
Iati	PE	Abastecimento Local
Ibirajuba	PE	Dados inconsistentes
Ielmo Marinho	RN	Dados inconsistentes
Itabaiana	PB	Dados inconsistentes
Jundiá	RN	Dados inconsistentes
Limoeiro de Anadia	AL	Abastecimento Local
Montadas	PB	Dados inconsistentes
Parazinho	RN	Dados inconsistentes
Poção	PE	Dados inconsistentes
Poço Branco	RN	Dados inconsistentes
Quebrangulo	AL	Dados inconsistentes
Salgadinho	PE	Dados inconsistentes
Santa Cecília	PB	Abastecimento Local
Santa Cruz	RN	Abastecimento Local
São Brás	AL	Dados inconsistentes
São Domingos	SE	Dados inconsistentes
Sossêgo	PB	Falta de dados
Tanque d' Arca	AL	Abastecimento Local
Vertente do lério	PE	Abastecimento Local