

Análise da aplicação de investimentos em perdas de água no nordeste brasileiro

Analysis on the application of investments in water losses in Northeast Brazil

Géssika Maria Gama Cambrainha¹, Marcele Elisa Fontana²

¹Graduação em Administração, Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, PE, Brasil

²Doutorado em Engenharia de Produção, Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, PE, Brasil

Resumo

A situação do saneamento em todo Brasil é considerada calamitosa. Em decorrência das características geográficas da região Nordeste, a água encontrada nesse estado precisa ser aproveitada ao máximo. Uma das maneiras de atingir esse objetivo é através do controle das perdas de água. O presente estudo objetivou avaliar o quanto dos investimentos no setor de água é refletido na redução das perdas. Mais especificamente os objetivos foram: (1) Levantar informações de investimentos e perdas no setor de recursos hídricos da região Nordeste; (2) Realizar diagnóstico das perdas de água na região Nordeste; (3) Efetuar análise estatística dos dados. Com o exame dos altos índices de perda, fica evidente que o aumento dos investimentos em grandes obras para uma maior captação de recursos hídricos é o foco das companhias, enquanto que, a devida gestão das perdas, com a qual os estados do nordeste poderiam evitar a constante dependência do clima, não é ainda tratada como objetivo principal.

Palavras-chave: Recursos Hídricos. Perdas de Água. Nordeste Brasileiro. Regressão Linear.

Abstract

The sanitation situation across Brazil is considered calamitous. Due to the geographical characteristics of the Northeast region, the water found in this state needs to be harnessed to the fullest. One way to achieve this goal is through the control of water loss. The present study aimed to evaluate how much of the investment in the water sector is reflected in reduced losses. More specifically the objectives were: (1) Collect information and investment losses in the water sector in the Northeast region; (2) Perform diagnosis of loss of water in the Northeast; (3) Perform statistical analysis. By examining the high rates of loss, it is evident that increased investments in large projects for increased capture of water resources is the focus of the companies, while the proper management of the losses, with which the northeastern states could avoid constant dependence on climate, is not treated as a primary goal.

Keywords: Water Resources, Water losses, Northeast Brazil, Linear Regression.

1 Introdução

A situação atual do saneamento no Brasil é considerada calamitosa. De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada em 2010, 40 milhões de brasileiros não têm acesso à água tratada, 134 milhões não têm os esgotos de suas casas tratados, 170 milhões não têm acesso à rede de esgotamento sanitário e 8 milhões nem sequer têm banheiro. Além disso, a evolução da cobertura de saneamento é muito lenta e heterogênea (BRASIL, 2012).

Os problemas com o saneamento no Brasil se intensificam, pois mesmo sendo um país com uma grande disponibilidade hídrica, o Brasil não tem os recursos hídricos bem distribuídos. Assim, existem regiões onde há uma grande oferta de água e pequena população, como a região Norte; já em outras uma grande população e pequena oferta de água. Neste sentido, a região que apresenta o maior desequilíbrio nesses termos é a região Nordeste. Devido à presença do clima semiárido, o Nordeste enfrenta períodos de seca ao longo do ano e a população convive com frequentes racionamentos de água (BRASIL, 2010).

Em decorrência dessa característica geográfica da região Nordeste do Brasil, a água encontrada nesses estados precisa ser aproveitada ao máximo. Uma das maneiras de atingir esse objetivo é através do controle das perdas de água durante o processo de captação até o abastecimento da população. Os últimos dados das prestadoras de serviço de alcance regional divulgados pelo Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS), em 2011, apresentam um índice de perdas de água na distribuição de 53,1%, no Nordeste, valor considerado muito alto de acordo com as recomendações internacionais (LAMBERT, 2002).

Apesar de haver um aumento nos investimentos aplicados em água nessa região, não está claro, com base nos relatórios apresentados pelo SNIS, se esses investimentos se mostram refletidos no combate às perdas. Dessa forma, o presente estudo objetiva avaliar o quanto dos investimentos no setor de água é refletido na redução das perdas. Mais especificamente os objetivos são: (1) Levantar informações de investimentos e perdas no setor de recursos hídricos da região Nordeste; (2) Realizar diagnóstico das perdas de água na região Nordeste; (3) Realizar análise estatística dos dados.

Os dados disponibilizados pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental são apenas coletados com as prestadoras de serviço e apresentados através de um relatório. Ou seja, são observados apenas descritivamente, sem uma análise estatística mais aprofundada. Assim, esse trabalho se torna relevante, pois, como é apontado pela própria Secretaria é necessária uma avaliação mais aprofundada dos dados coletados pelo SNIS, de forma a contribuir para que os investimentos alcancem efetivamente as regiões de maior déficit relativo de água (BRASIL, 2010a).

A estrutura do trabalho seguirá com uma revisão teórica a respeito do tema das perdas de água em sistemas de abastecimento. Em seguida, será apresentado um breve diagnóstico das perdas de água na região Nordeste e sua relação com os investimentos, além disso, os resultados da pesquisa serão discutidos. Por fim, são apresentadas as considerações finais do trabalho, conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

1.1 Fundamentação teórica

Antes de apresentar o quadro específico do Nordeste com relação às perdas, é necessário compreender melhor o assunto discutido, através de seus conceitos básicos. Assim, foram reunidas as principais contribuições nessa área nos últimos anos.

1.1.1 Perdas de água

As perdas em um sistema de abastecimento de água, de maneira geral, dizem respeito à diferença entre a água que é captada no manancial (o input do processo) e a água entregue a população (output), quando esta é devidamente autorizada. Estas perdas foram classificadas pela International Water Association (IWA), através de padrões de terminologia internacionais de balanço hídrico, como sendo perdas aparentes (não físicas) e perdas reais (físicas) (LAMBERT, 2002).

As perdas físicas são aquelas provenientes do consumo não autorizado e de medições imprecisas. Já as perdas reais, ocorrem quando há vazamentos na rede de distribuição ou vazamentos e extravasamentos nos reservatórios tanto de adução, como de distribuição, ou ainda, vazamentos nas conexões da rede até os usuários (FONTANA, 2012).

No caso das perdas na distribuição divulgadas no sistema de dados do SNIS, é considerada a diferença entre a água que foi disponibilizada para distribuição (após o tratamento) e o volume que foi consumido. Esse tipo de perda será utilizado como objeto deste trabalho, devido ao seu caráter que é, sobretudo, social.

É necessário compreender também que há certo nível de perda que não pode ser evitado. Tanto do ponto de vista técnico (vazamentos ou extravasamentos que não puderam ser previstos), como do ponto de vista econômico (os custos do controle de perdas), é considerada aceitável uma perda de até 10% de água em um sistema de abastecimento (LAMBERT, 2002).

As causas para as perdas podem ser provenientes de várias fontes, como já foi mencionado anteriormente. As perdas de água em um sistema de abastecimento podem acontecer devido a vazamentos, extravasamentos, etc. Moura *et. al.* (2004) representaram as origens e magnitude das perdas através da tabela 1.

É importante notar-se que aqui as perdas consideradas por eles como significativas são as relacionadas ao Tratamento e a Distribuição de água. Sendo de todas, as perdas na distribuição as mais impactantes do ponto de vista social, pois envolvem a interrupção do abastecimento e a redução da água disponível enquanto os reparos são realizados (FONTANA, 2012).

Tabela 1 – Origens e Magnitudes das perdas. Fonte: MOURA *et. al.*, 2004.

| SUBSISTEMA | ORIGEM | MAGNITUDE |
|------------------------|----------------------------|---|
| Adução de Água Bruta | Vazamentos nas tubulações | Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional |
| | Limpeza do poço de sucção* | |
| Tratamento | Vazamentos estruturais | Significativa, função do estado das instalações e da eficiência operacional |
| | Lavagem de filtros* | |
| | Descarga de lodo* | |
| Reservação | Vazamentos estruturais | Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional |
| | Extravasamentos | |
| | Limpeza* | |
| Adução de Água Tratada | Vazamentos nas tubulações | Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional |

| | | |
|--------------|----------------------------|--|
| | Limpeza do poço de sucção* | |
| | Descargas | |
| | Vazamentos na rede | |
| Distribuição | Vazamentos em ramais | Significativa, função do estado das tubulações e principalmente das pressões |
| | Descargas | |

Nota* Considera-se perdido apenas o volume excedente ao necessário para operação.

Sendo assim, Moura et. al. (2004) também apresentaram as possíveis causas desse tipo de perda em diferentes fases de desenvolvimento do sistema de abastecimento. Essas causas podem ser vistas na tabela 2.

Além das causas citadas na Tabela 2, existem ainda as possíveis causas que podem ser provenientes de uma combinação aleatória de fatores como os tipos de materiais utilizados, composição, idade e métodos de junção dos componentes do sistema de abastecimento de água.

Tabela 2 – Causas Prováveis de Falhas e Rupturas em Tubulações. Fonte: MOURA et. al., 2004.

| FASE DA FALHA | CAUSA DA FALHA | CAUSA DA RUPTURA |
|------------------------|------------------------|----------------------|
| Planejamento e Projeto | • Subdimensionamento | • Sobrepressão |
| | • Ausência de ventosas | • Subpressão |
| | • Cálculo transientes | • Sub e sobrepressão |
| | • Regras de operação | • Sub e sobrepressão |
| | • Setorização | • Sobrepressão |
| | • Treinamento | • Sub e sobrepressão |
| Construção | • Construtivas | |
| | • Materiais | |
| | • Peças | |
| | • Equipamentos | |
| Operação | • Treinamento | |
| | • Enchimento | • Sub e sobrepressão |
| | • Esvaziamento | • Subpressão |

| | | |
|------------|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Manobras • Ausência de regras • Treinamento | <ul style="list-style-type: none"> • Sub e sobrepressão • Sub e sobrepressão • Sub e sobrepressão |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Sem prevenção • Malfeita | |
| Manutenção | <ul style="list-style-type: none"> • Treinamento • Interação operação/usuário • Tempo de resposta | |
| Expansão | <ul style="list-style-type: none"> • Sem projeto • Sem visão conjunta | <ul style="list-style-type: none"> • Sub e sobrepressão • Sub e sobrepressão |

1.1.2 Prevenção de perdas

Os principais métodos de prevenção de perdas existentes hoje em dia podem ser classificados em: (a) métodos de detecção e localização de vazamentos; (b) métodos de avaliação de perdas que estão se concentrando em medir a quantidade de água perdida; (c) métodos de controle de vazamentos que são voltados para o controle eficaz dos níveis corrente e futuro de perdas (PUUST et. al., 2010).

Os métodos de detecção e localização de vazamentos buscam minimizar o tempo entre a ocorrência do vazamento e o seu conhecimento. Para isso, as principais técnicas disponíveis podem ser separadas em: (a) reativas, através de informações dos clientes ou de outras fontes; e (b) proativas, através do controle dos fluxos (MOUNCE et. al., 2010).

Os métodos de avaliação de perdas que se concentram em medir a quantidade de água perdida se baseiam em medições e estimativas de água produzida e consumida. As abordagens utilizadas podem ser classificadas como: Top-down, nas quais é considerado primeiro o sistema como todo, para depois serem observados os módulos específicos que o compõem; e Bottom-up, nas quais ocorre exatamente o oposto (PUUST et. al., 2010).

Por fim, os métodos de controle de vazamentos se concentram no monitoramento do sistema de abastecimento através, por exemplo, da vazão mínima noturna registrada (FONTANA, 2012).

A aplicação das ferramentas aqui apresentadas exige algum nível de investimentos. Assim, considerando-se todos os mecanismos apresentados nesse referencial, que estão disponíveis para o controle dos índices de perda, faz-se necessária a avaliação do crescimento ocorrido nos investimentos em água no Nordeste nos últimos anos (Figura 1). Com isso quer-se saber, através dessa pesquisa, se o aumento dos investimentos representa a redução dos índices de perda.

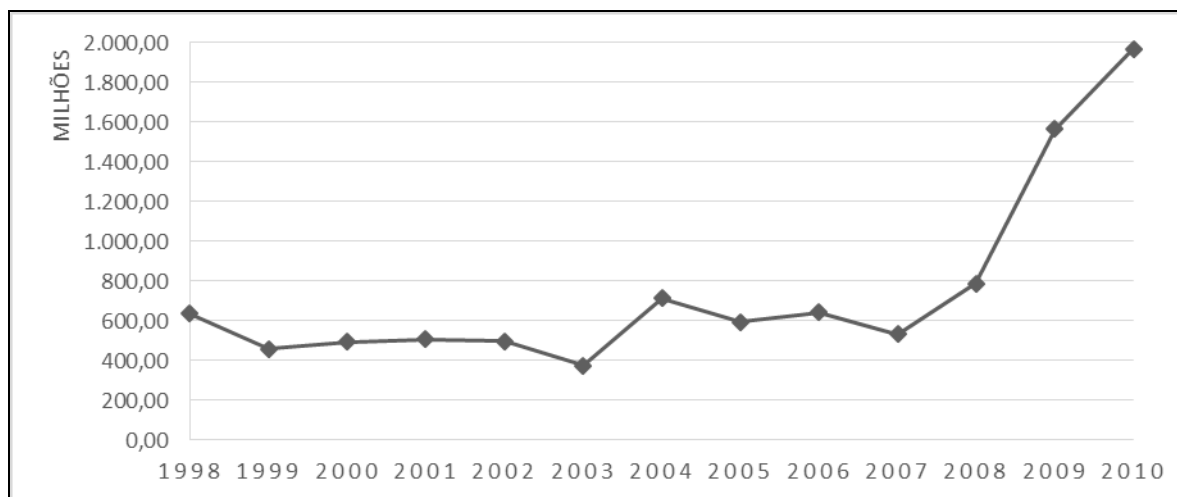


Figura 1 – Investimentos em água no Nordeste (valores em reais).

Fonte: SNIS

2 Metodologia

Inicialmente, foi realizado um levantamento dos dados no setor de saneamento, para isso, foi utilizado o aplicativo “Série Histórica 2010” disponibilizado no site do SNIS, até janeiro de 2014. Antes de tudo foram extraídos os dados dos nove Estados da região Nordeste, dos anos de 1998 a 2010 (período disponível no software).

Os dados foram observados e, considerando suas características, foi Utilizando o software “Statistica 10”, para que estes fossem testados através de Análise de Variância (ANOVA) com fator único e, em seguida, para complementação da análise foram realizadas Regressões Lineares.

Tendo em vista a existência dos erros tipo I (aceitar-se a hipótese, quando esta deveria ser rejeitada) e o erro tipo II (rejeitar-se a hipótese, quando esta deveria ser aceita), as hipóteses testadas com estes dados utilizaram, para todos os testes, níveis de significância de 95%. Considerando-se que, nesse caso, nenhum dos erros teria uma importância maior que o outro, buscou-se o equilíbrio entre os erros tipo I e II (DOANE; SEWART, 2008). Os resultados encontrados serão discutidos na próxima sessão.

3 Resultados e discussões

Antes de qualquer observação mais aprofundada, os dados disponibilizados pelo SNIS foram analisados descritivamente. Observando-se a figura 2 pode se ver isoladamente os dados de perdas na distribuição dos estados do Nordeste entre os anos de 1998 e 2010 nota-se que as médias de todos os estados se mantêm acima do nível de perdas aceitável (10%). Além disso, nota-se também que, exceto por Bahia e Ceará, os outros estados estão consideravelmente acima da média nacional, que, de acordo com a última pesquisa publicada no SNIS, é de 39,4% (BRASIL, 2010a). E mesmo dentre esses dois estados destacados, apenas Bahia apresenta uma melhor situação, visto que o Ceará tem uma amplitude muito maior em seus dados.

No entanto, infelizmente, este cenário é encontrado em diversos países que se encontram igualmente em uma região de semiárido quente. Em sua maioria são países subdesenvolvidos. Mesmo assim, há países como Botswana na África, que tem um índice de perdas que circunda na faixa de 20 a 25% (BOTSWANA, 2009). Ainda não atinge o padrão aceitável, como os países desenvolvidos (LAMBERT, 2002), mas se encontra abaixo dos valores em todos os estados do Nordeste brasileiro.

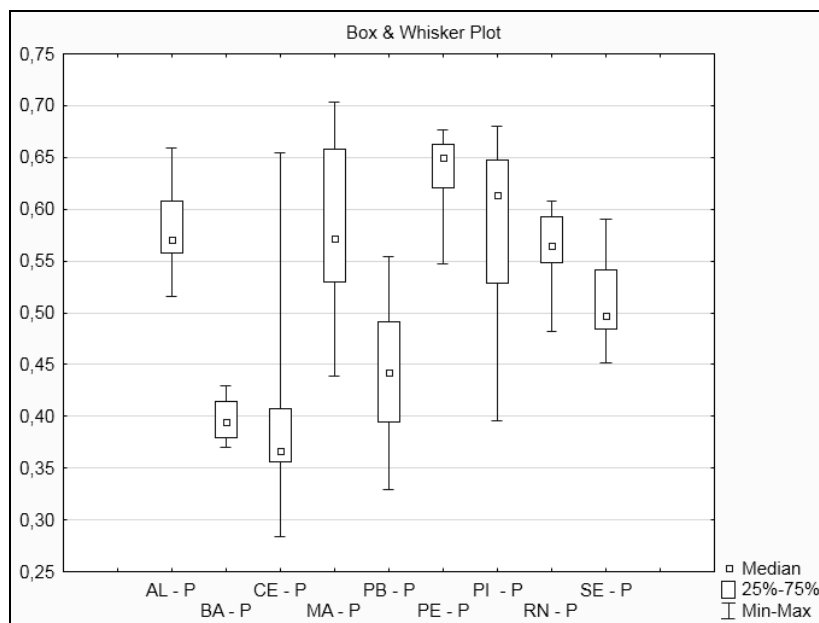


Figura 2 – Gráfico Box-Plot de perdas na distribuição nos estados do Nordeste.

Fonte: Adaptado de Brasil (2010a).

Outra observação preliminar dos dados é apresentada no gráfico de dispersão da Figura 3. Nesse gráfico são colocados os valores de investimentos (em reais) no eixo Y e os índices de perdas na distribuição (em porcentagem) no eixo X, reunindo as observações de cada estado analisado ao longo de todo o período considerado.

Na Figura 3, nota-se que o comportamento das duas variáveis não segue, aparentemente, uma clara tendência. Apenas com a linha de tendência desenhada é possível encontrar a possível existência de uma relação entre essas duas variáveis. Para comprovação dessa relação foi realizada a ANOVA.

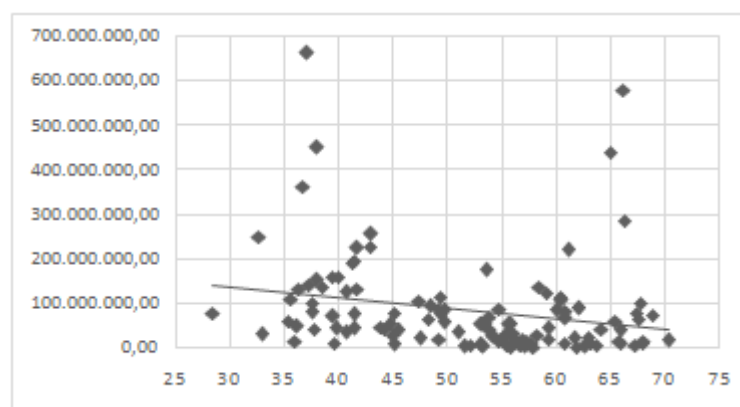


Figura 3 – Gráfico de Dispersão: Investimentos e Perdas.

Fonte: Adaptado de Brasil (2010a).

Inicialmente foi realizada a Análise de Variância com um fator, utilizando as seguintes variáveis: perdas na distribuição (P), como variável dependente; e investimentos em água realizados pelas prestadoras de serviço (I), como variável independente. Entretanto, os resultados não apresentaram diferenças significativas das médias, em nenhuma das classes nas quais foram divididos os investimentos para o teste F com 95% de significância. Portanto o efeito dos investimentos na redução das perdas é nulo, o que invalidou testes mais aprofundados com os resultados da ANOVA.

Dessa forma, na busca por uma avaliação mais detalhada da relação entre essas variáveis, foram testados cada um dos nove estados separadamente através da Regressão Linear. Cada estado (indicado por sua sigla) foi submetido ao teste utilizando a variável perda como variável dependente e a variável investimentos como a variável independente.

No entanto, para o teste-t com 95% de significância, os resultados apresentaram uma fraca correlação entre essas variáveis (perdas e investimentos), para todos os estados avaliados. E, surpreendentemente, ainda que fraca a correlação entre os dados, esta se mostrou positiva, o que parece indicar que quanto maior é o investimento realizado, maior é o índice de perdas na distribuição ao longo do tempo.

Tais resultados instigaram a continuidade da pesquisa buscando então identificar as áreas em que os investimentos estão sendo empregados, já que estes não se comprovaram como atuantes no combate às perdas. Para tal foram acrescentadas mais duas variáveis ao problema: volume de água produzido (V) e a extensão (comprimento) da rede de distribuição (E).

Ao testar estas duas variáveis correlacionando-as com a variável I através da regressão, utilizando a variável I como preditora, foi possível saber qual a contribuição dos investimentos financeiros no aumento do volume de água e na extensão da rede. Os resultados apontaram que a correlação entre o volume produzido e os investimentos é fortemente positiva nos seguintes estados: Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte.

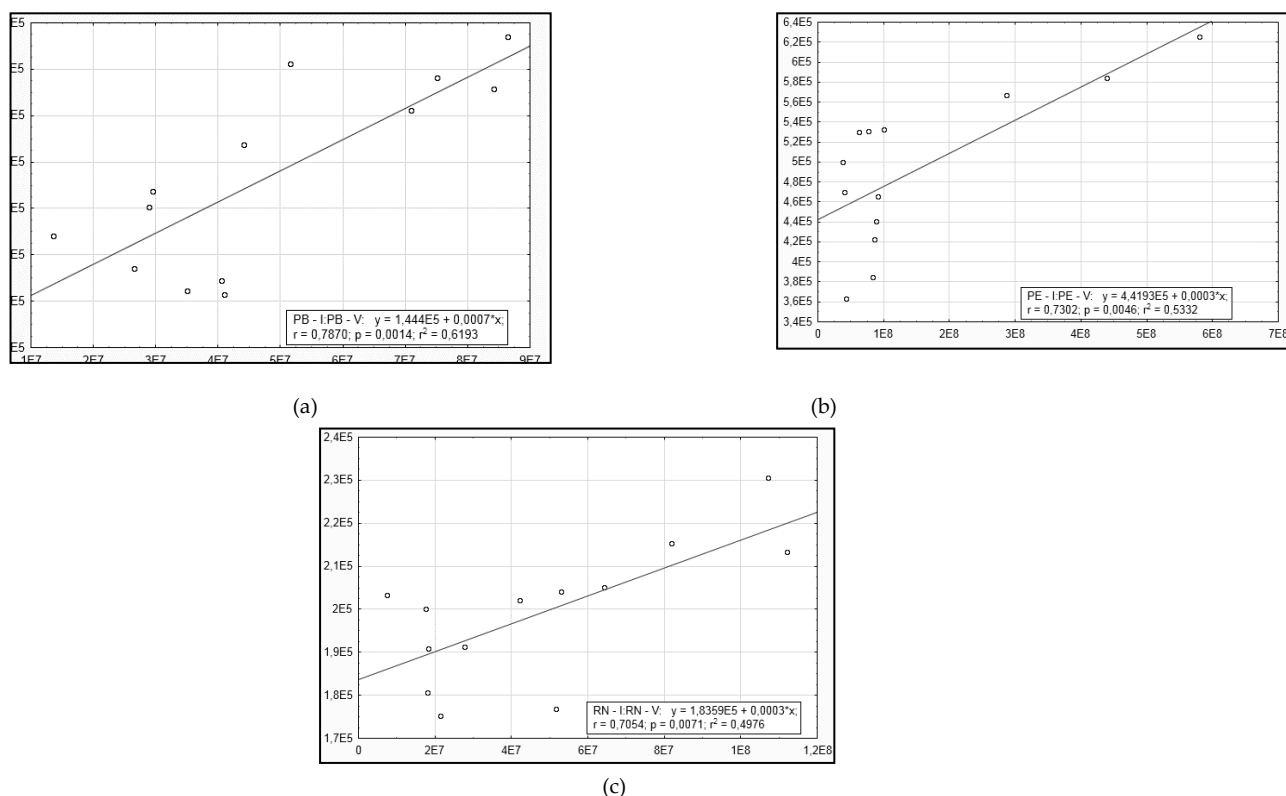
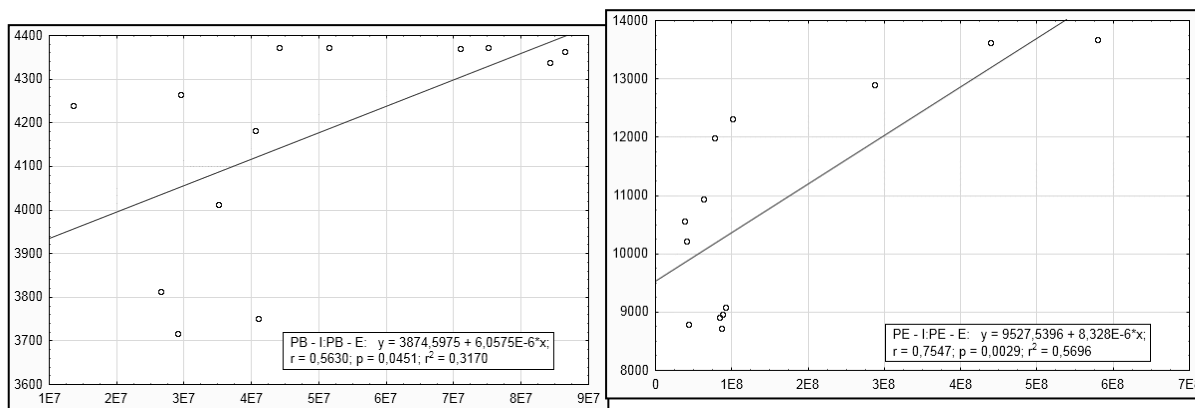
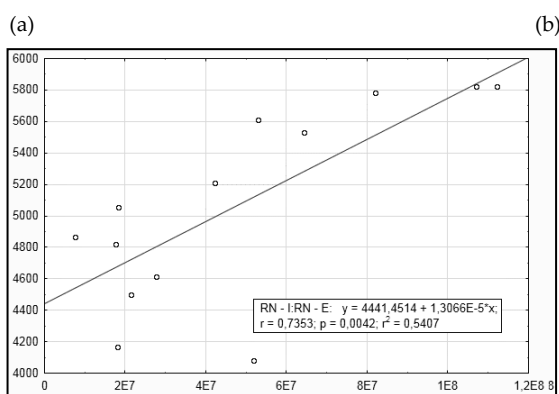


Figura 4 – Investimentos e Volume: (a) Paraíba; (b) Pernambuco; e (c) Rio grande do Norte. Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Paraíba, como pode ser observado na Figura 4a, há uma forte correlação (78,7%) e o coeficiente de determinação (r^2) indica que 61,93% da variação do volume é explicada pelos investimentos. A equação linear $Y = 1,444e5 + 0,0007X$ mostra que para cada R\$ 1,00 (um real) de investimentos,



aumentam-se 0,7 m³ de água captada nesse estado. O estado de Pernambuco apresenta situação semelhante, na Figura 4b, vê-se a correlação entre volume e investimentos é forte (73%); 53,32% da variação de volume é explicada pelos investimentos e a equação $Y = 4,4193e5 + 0,0003X$ aponta que para cada R\$ 1,00 de investimento, 0,3 m³ de água são produzidos. No Rio Grande do norte (Figura 4c), os valores de volume demonstram que 49,76% da variação do volume é explicada pelos investimentos, há uma correlação de 70,5% e a equação $Y = 1,8359e5 + 0,0003X$, aponta que para cada R\$ 1,00 de investimento, 0,3 m³ de água são produzidos.



(c)

Figura 5 – Investimentos e Extensão: (a) Paraíba; (b) Pernambuco; e (c) Rio Grande do Norte.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Já com relação à extensão da rede, a correlação na Paraíba (Figura 5a) é de 56,3%, o coeficiente de determinação de 31,7%; e a equação linear $Y = 3874,5975 + 6,0575e-6X$ revela que para cada R\$ 1,00 de investimentos são aumentados 6E-6 km nas redes de distribuição da Paraíba. Do mesmo modo, em Pernambuco (Figura 5b), se observa uma forte correlação (75,5%); o r^2 de 56,96%; e a equação $Y = 9527,5396 + 8,328e-6X$ aponta que para cada R\$ 1,00 de investimentos são aumentados, em torno de 8E-6 km. Do mesmo modo no Rio Grande do Norte (Figura 5c), a correlação entre as variáveis é de 73,5%; o r^2 é de 54,07%; e a equação $Y = 4441,4514 + 1,3066e-5X$ sinaliza que para cada R\$ 1,00 de investimentos são aumentados, aproximadamente, 1,3e-5 km nas redes de distribuição no estado de Pernambuco.

É necessário observar que estas duas variáveis são entendidas aqui, por suas características, como possíveis causadoras de aumento no índice de perdas. Portanto, a comprovação das hipóteses testadas, leva a crer que os investimentos, mesmo que indiretamente, atuam de forma a aumentar as perdas.

Assim, a relação entre o volume de água produzido e a extensão da rede com as perdas na distribuição foi também foram testadas, no intuito de comprovar a influência destas variáveis no aumento dos índices de perda. Nesse caso, foi realizada a regressão utilizando P como variável

dependente, E e V como variáveis independentes. Esse teste apresentou resultados significativos apenas para os estados de Alagoas, Maranhão, Sergipe e Bahia.

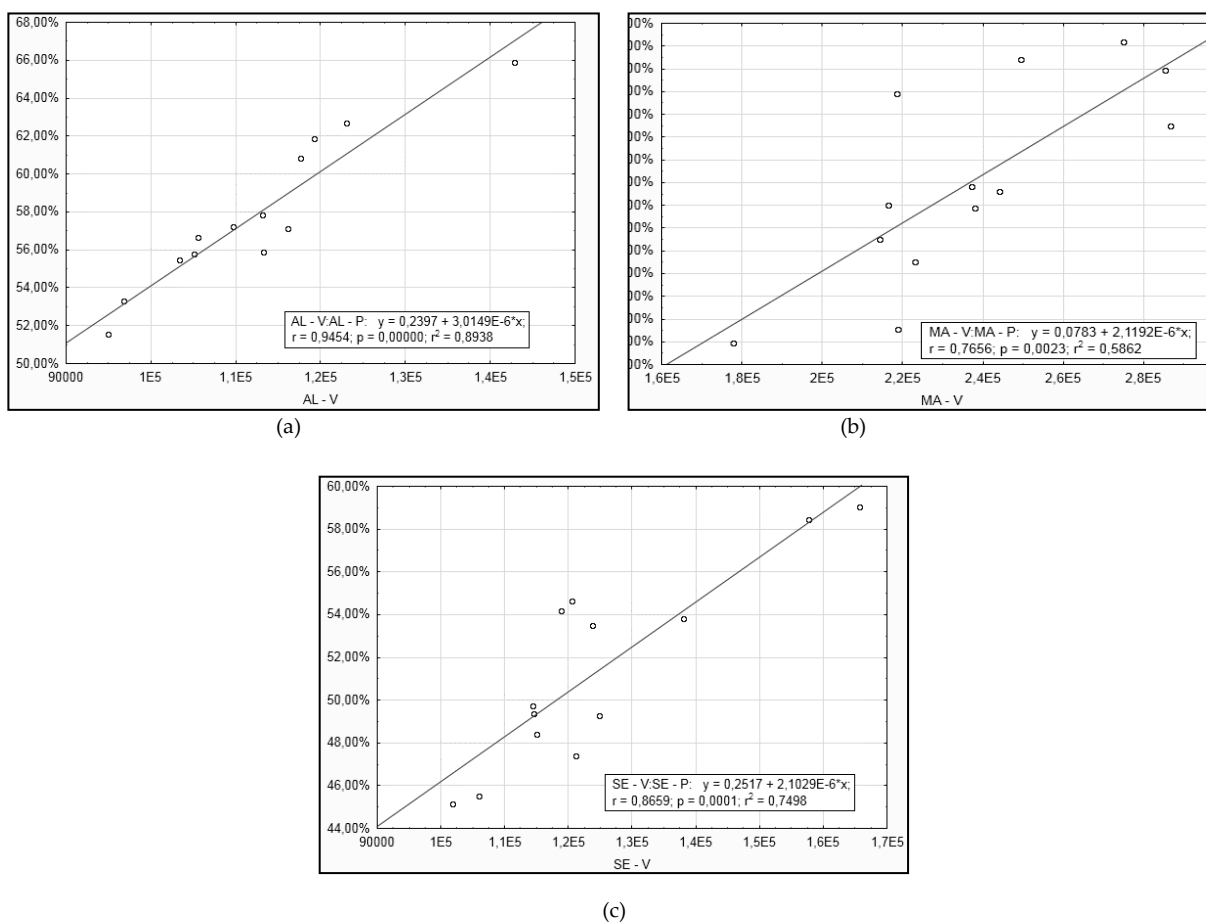


Figura 6 – Volume e Perdas: (a) Alagoas; (b) Maranhão; e (c) Sergipe.

Fonte: Elaborado pelos autores.

No estado de Alagoas (Figura 6a), foi comprovada a relação positiva ($r = 94,54\%$) entre o volume de água produzido e as perdas na distribuição, além disso, 89,38% das perdas são explicadas pelo volume produzido. Nesse estado, para cada 1000 m³ de água que são produzidos, o índice de perdas na distribuição aumenta em 3e-6% ($Y = 0,2397 + 3,0149e-6X$).

No Maranhão (Figura 6b), a relação encontrada foi muito semelhante à anterior, porém não com uma correlação tão forte (apenas 76,5%), e o coeficiente de determinação é de 58,64%. E, de acordo com a equação $Y = 0,0783 + 2,1192e-6X$, cada 1000 m³ aumentados na captação, o índice de perdas aumenta 2,11 em percentual.

Em Sergipe, os resultados mostraram que as perdas podem ser explicadas pelos dois fatores conjuntamente. Tanto aumento do volume da água coletada, como o aumento da extensão da rede de distribuição causam o aumento das perdas nesse estado. A Figura 6c mostra as relações nesse estado para Volume e Perdas, e a Figura 7a apresenta as relações para Extensão e Perdas.

Finalmente, o estado da Bahia, diferente dos relatados anteriormente, teve um desempenho positivo. Isso porque, a relação entre extensão das redes de distribuição e as perdas, se mostrou inversa, como pode ser observado na Figura 7b. À medida que a extensão da rede aumenta, os índices de perda diminuem. E isso com uma forte correlação negativa de 87,6%. O índice de determinação indica que 76,84% da redução nas perdas é provocada pelo aumento na extensão da rede. Portanto, para cada quilômetro que é aumentado na rede, ocorre uma queda de, pelo menos 4,17e-7% no índice de perdas nesse estado ($Y = 0,6429 - 4,1769e-7X$). É interessante notar, que, para este estado, não houve resultados significativos nas relações entre Perdas e Investimentos, nem nas relações entre a Extensão

e os Investimentos. No entanto, de alguma maneira, o resultado faz parecer que o aumento na extensão provoca uma diminuição nas perdas.

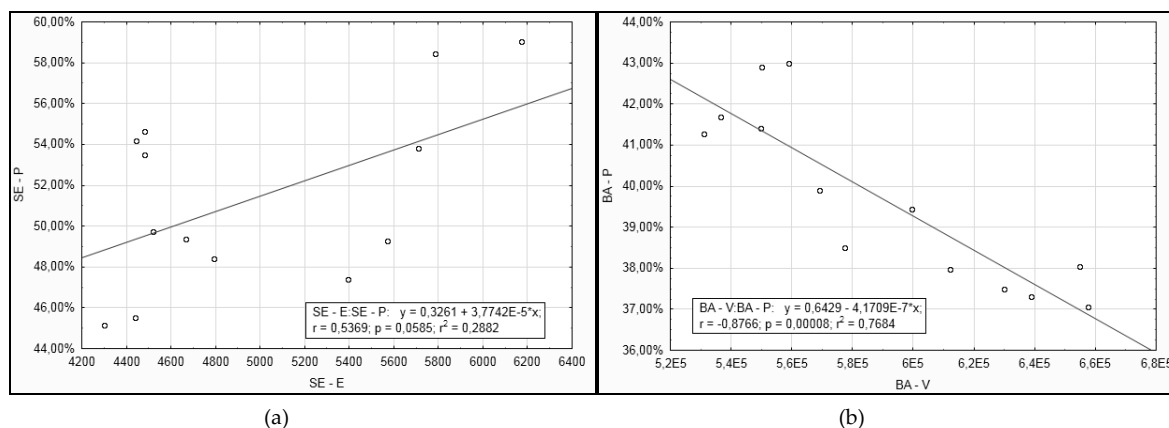


Figura 7 – Extensão e Perdas: (a) Sergipe; (b) Bahia.

Fonte: Elaborado pelos autores.

4 Considerações finais

Os problemas de saneamento apresentados, dadas as características geográficas do Nordeste brasileiro, merecem um estudo mais aprofundado, pois o impacto social da falta de água afeta diretamente a população que vive nessa região. As perdas de água nessas localidades têm índices altíssimos, e a redução destes seria uma possível alternativa para melhorar a oferta de água, principalmente em períodos de seca. Nos últimos anos, houve um aumento nos investimentos em água para estes estados, porém este aumento não foi refletido na redução dos índices de perdas. Observando os índices de perda no Nordeste brasileiro, facilmente se chega à conclusão de que os valores encontram-se muito distante do que seria considerado aceitável.

O exame dos altos índices de perda, tanto na região Nordeste, como no Brasil e no mundo nos fazem questionar a necessidade de constantes investimentos no aumento do volume de água coletado, já que o volume coletado, se mantido, pode ser capaz de suprir a demanda existente. Assim, não haveria necessidade eminente de investimentos em obras de grande porte para o aumento da captação de recursos hídricos, a exemplo da transposição do rio São Francisco.

Além disso, com a devida gestão das perdas, ou seja, fazendo-se uso das ferramentas disponíveis atualmente para o controle das perdas, os estados do nordeste evitariam a constante dependência do clima.

De maneira geral, a análise realizada através da regressão aponta que os investimentos totais aplicados no setor de água do Nordeste não estão (em nenhum dos nove estados) agindo em prol da redução dos índices de perda. Outra conclusão a que se chega é que, pelo menos em três estados: Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte; a aplicação dos investimentos está direcionada ao aumento do volume de água coletada e do aumento na extensão da rede. Acredita-se, essas duas variáveis, pelas suas características são possíveis causadoras de perdas.

Entretanto, os testes que se seguiram não conseguiram comprovar tal afirmação para estes mesmos estados. De tal modo, não se pode afirmar que os investimentos em saneamento nos estados, mesmo que com pouca intensidade e indiretamente, ocorrem de maneira a contribuir para o aumento dos índices de perda. Muito provavelmente, se os dados de investimentos fossem disponibilizados de maneira mais detalhada, seria possível uma avaliação mais clara.

Além disso, mesmo estando próximos e compartilhando problemas semelhantes, tanto com relação ao clima como à gestão de suas prestadoras de serviço, cada um dos estados reage de maneira diferente entre si. Assim, cada estado deveria ser avaliado como uma esfera diferente, específica, pois eles vivem situações distintas. Este fato por ter levado ao comportamento diferente das variáveis estudadas para cada situação.

Para futuros trabalhos, recomenda-se um levantamento de dados específico, no qual os dados estejam mais adaptados ao propósito da pesquisa. Além disso, propõe-se a aplicação de análises semelhantes em outras regiões do Brasil. Bem como, uma pesquisa mais aprofundada sobre as principais causas das perdas nos estados onde a pesquisa foi realizada. Sugere-se também o desenvolvimento de estudos que expliquem os métodos utilizados atualmente pelas companhias de saneamento no combate às perdas, bem como falem sobre a eficiência destes.

Outra questão a ser explorada é a aplicação de investimentos nos estados onde não foram encontradas relações com nenhuma das variáveis discutidas aqui. Nesses estados (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Piauí e Sergipe) os investimentos além de não se refletirem no combate às perdas também não se refletem no aumento da produção de água bem como no aumento da extensão da rede de distribuição.

Referências

- BOTSWANA. **Central Statistics Office. Botswana Water Statistics**. Department of Printing and Publishing Services: Botswana, 2009.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. Snis.exe. Série Histórica, 2010a. 60 arquivos, 12 pastas (243mb). Disponível em: < <http://www.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 07 de janeiro de 2014.
- _____. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Censo Demográfico 2010: primeiros resultados**. Rio de Janeiro, 2010b. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 08 de março de 2014.
- _____. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Diretoria de Pesquisas. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2010**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 08 de março de 2014.
- DOANE, David P.; SEWARD, Lori E. **Estatística aplicada à Administração e Economia**. Porto Alegre: AMGH, 2008.
- FONTANA, M. E. **Modelo de setorização para manobra de rede de distribuição de água baseado nas características das unidades consumidoras**. 101 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Recife: O autor, 2012.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2007.
- LAMBERT, A. O. International Report on water losses management techniques. **Water Science and Technology: Water Supply**, v. 2, p. 1-20, 2002.
- MOUNCE, S. R.; BOXALL, J. B.; MACHELL, J. Development Verification of Online Artificial Intelligence System for Detection of Bursts and Other Abnormal Flows. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 136, p. 309-318, 2010.
- MOURA, E. M. de; DIAS, I. C. S.; SILVA, J. S.; SILVA, F. C. da. Abordagem sobre perdas de água em sistemas de abastecimento: breve explanação sobre os tipos e principais causas. **IV SEREA - Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água**. João Pessoa: 8 a 10 de Nov/2004
- PUUST, R.; KAPELAN, Z.; SAVIC, D. A.; KOPPEL, T. A review of methods for leakage management in pipe networks. **Urban Water Journal**, v. 7, p. 25-45, 2010.