PROPOSTA DE DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA O BAIRRO DE ALGODOAL NO MUNICÍPIO DE ABAETETUBA – PARÁ

PROPOSAL FOR SIZING A WATER SUPPLY SYSTEM FOR ALGODOAL DISTRICT IN ABAETETUBA CITY - PARÁ

DIAS, Éverton Costa^{1*}; SILVA, Gabriel Pereira Colares da²; ALMEIDA, Ian Rocha de³; FERNANDES, Lindemberg Lima⁴

^{1,2} Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Instituto de Tecnologia, Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, CEP 66075-110, Belém - PA, Brasil (fone: +55 913201-7000).

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Av. Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia, CEP 91501-970, Porto Alegre – RS, Brasil (fone: +55 51 982236074)

⁴ Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (UFPA) professor titular da Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Instituto de Tecnologia, Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, CEP 66075-110, Belém - PA, Brasil (fone: +55 913201-7000).

* Autor correspondente
e-mail: eng_evertondias@hotmail.com

Received 22 February 2018; received in revised form 20 March 2018; accepted 26 March 2018

RESUMO

A água é um recurso natural imprescindível à vida de todo ser humano. Entretanto, problemas de abastecimento podem fazer com que esse recurso não chegue às residências de maneira adequada. Assim, o objetivo desse trabalho foi realizar uma nova proposta de dimensionamento do sistema de abastecimento de água para o bairro de Algodual, no município de Abaetetuba – PA, direcionada a rede de distribuição, buscando ampliá-la e melhorar a qualidade e a quantidade de água que chega às residências. Logo, espera-se suprir, de forma adequada, à demanda por água encanada de qualidade no bairro em questão. Para isso, utilizou-se o Método de dimensionamento de rede *Hardy-Cros*. Ao final do trabalho, constatou-se que as vazões resultantes das iterações no *Hardy-Cros* são satisfatórias e garantem o abastecimento adequado de água para a população do bairro de Algodual.

Palavras-chave: *Abastecimento Humano; Rede de Distribuição; População; Hardy-Cross;*

ABSTRACT

Water is a natural resource indispensable to the life of every human being. However, supply issues may cause lack of water in some localities. Thus, the objective of this paper was to carry out a new proposal for the sizing of the water supply system for the district of Algodual, in the municipality of Abaetetuba - PA, focused to the distribution network aiming to expand it and improve the quality and quantity of water that reaches the residences. Therefore, it is expected to adequately supply the demand for quality drinking water in the case study. The Hardy-Cros network sizing method was used. At the end of the paper, it was verified that the flows resulting from the iterations in the Hardy-Cros are satisfactory and guarantee the adequate water supply for the population of the district of Algodual.

Keywords: *Human Supply; Distribution network; Population; Hardy-Cross*

1. INTRODUÇÃO

Sendo um recurso natural dotado de valor econômico, estratégico e social, a água é um bem indispensável à vida, devido a dependência desse recurso para a realização das atividades metabólicas do organismo humano, bem como a realização dos afazeres diários e outros usos, como irrigação, abastecimento industrial, dessedentação de animais, navegação, abastecimento humano, hidroeletricidade, recreação e turismo, etc. Contudo, atualmente, a questão da água é uma das principais preocupações mundiais no que diz respeito à sua oferta em quantidade e qualidade adequadas. (SÁ, 2005).

A Lei nº 11.445/2007 define abastecimento de água potável como um conjunto de atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a sua captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição. Para tornar-se potável, a água deve passar por um processo de tratamento, dependendo das suas características físicas, químicas e biológicas, e atender a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, afim de garantir a sua qualidade. É importante salientar que a quantidade de água ofertada deva apresentar-se em quantidade adequada também.

É de conhecimento geral que o Brasil possui uma vasta disponibilidade de água doce em relação a outros países, contudo, o quadro atual mostra que as cidades brasileiras enfrentam crises de abastecimento de grande magnitude, inclusive as cidades localizadas na Região Norte do País, onde estão próximos de 80% das descargas de água dos rios brasileiros (REBOUÇAS, 2003). A questão do saneamento básico no Pará, estado mais populoso da Região Norte, é um pouco mais delicada. Segundo o Ranking do Saneamento elaborado pelo Instituto Trata Brasil (2016) que levanta a questão do saneamento básico nas 100 maiores cidades brasileiras, as cidades paraenses encontram-se nas últimas posições, representadas por sua capital Belém (87^a), Santarém (96^a) e Ananindeua (100^a).

O bairro de Algodoal, área de interesse deste estudo, situa-se na região sudoeste da cidade de Abaetetuba, no estado do Pará, entre

a costa Maratauíra e o rio Jaquarequara, sendo identificado como o bairro mais populoso e com grande crescimento espontâneo devido a ocupações irregulares, áreas que são conhecidas popularmente como “invasão do Algodoal”, a qual se tem como exemplo a comunidade da Chicolândia (RIBEIRO *et al.*, 2015). Este bairro apresenta dois tipos de estrutura espacial urbana: uma consolidada e outra em expansão. A parte consolidada ocupa uma área de 735.342 m² caracteriza-se pelo adensamento urbano, disposto em quadras, com poucas áreas verdes, quase todos os serviços urbanos do bairro encontram-se aí. A parte não consolidada com área de 520,145 m², tem estrutura urbana formada por eixos de expansão de configuração alongada. Esses eixos são definidos por ruas aterradas e estivas de acesso às casas, ambas sobre áreas de várzea. A disposição desses eixos é predominantemente norte e sul, ou seja, partem da área consolidada e se estendem na direção do rio Jacarequara.

A localidade da Chicolândia (setor não consolidado) representa, segundo Alencar e Ribeiro (2015), a área mais crítica referente à infraestrutura urbana do bairro, em especial à serviços básicos como acesso a água. Outros serviços básicos também não são ofertados para esta parte da “invasão” do bairro, tais como esgoto sanitário e paisagismo, desta forma não fazendo parte do cotidiano da população. Além disso, o setor não consolidado, caracteriza-se pelo padrão de construção de baixa renda, sobretudo, por palafitas de madeira e frequência dos alagamentos (RIBEIRO E FRANÇA, 2014). Tal espacialização do bairro de Algodoal em áreas consolidadas e não consolidadas somam uma área total de aproximadamente 735.862,145 m².

Por localizar-se em uma região geograficamente favorecida, às margens do rio Maratauíra ou Meruu, pode-se chegar ao município utilizando este rio como hidrovia, circunstância esta que é vivida praticamente todos os dias pelos ribeirinhos que vivem nas ilhas da cidade e dependem do rio para chegar até ela. Como o bairro de Algodoal também fica às margens do rio, esta via de transporte também é utilizada por alguns moradores. A Figura 1 apresenta a localização do bairro no município de Abaetetuba.

Desta forma, fora realizado um novo dimensionamento do sistema de abastecimento

de água para o bairro de Algodoal, no município de Abaetetuba – PA, com foco na rede de distribuição, utilizando o método *Hardy-Cross*, buscando ampliar a rede e melhorar a qualidade e quantidade de água que chega nas residências, para tornar este mais eficiente e abrangente à população local. Com isso, busca-se suprir, de forma adequada, à demanda por água encanada de qualidade, a qual é muito alta devido à falta de rede de distribuição em parte do bairro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da Área de Estudo

A cidade de Abaetetuba, segundo dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), fica localizada a 60 km a sudoeste da capital Belém. Sua área de unidade territorial é de aproximadamente 1.610,6 km² e possui 14 bairros sendo estes: São Lourenço, Francilândia, Centro, Aviação, São Sebastião, Cristo Redentor, São José, São João, São Domingos de Angélica, Santa Rosa, Mutirão, Santa Clara, Castanhal e Algodoal, o qual é a área de interesse deste estudo. Atualmente, o município é composto pelo centro urbano da cidade de Abaetetuba e pelo distrito de Vila de Beja. A Figura 2 identifica a localização do município.

Figura 2. Mapa de localização do município de Abaetetuba.

Fonte: BARROS & SILVA, 2013.

Abaetetuba, segundo o censo do IBGE (2010) possuía uma população de aproximadamente 141.100 habitantes, sendo

que dessas 82.998 são residentes da área urbana e 58.102 estão alocados na área rural do município. Tais aspectos levam o município a ser considerado um dos dez maiores do estado do Pará, em relação ao número de residentes.

Como anteriormente mencionado, o bairro de Algodoal é o mais populoso do município, que contava, no ano de 2010, com uma população de 12.383 habitantes. Tal população deste bairro representa 8,78% do total de habitantes do município de Abaetetuba e cerca de 14,9% da população residente na área urbana do município.

O principal rio do município de Abaetetuba é o Rio Pará, que é o limite natural, a noroeste, com os municípios de Muaná e Ponta de Pedras. Nesse rio, se destacam dezenas de ilhas, tais como: Urubuêua, Sirituba, Capim, Compopema, entre outras. Importante, também, é o rio Abaeté que banha a sede do Município e deságua na baía do Capim. Outros rios que deságuam na baía do Capim são: Guajará de Beja, Arapiranga de Beja e o Arienga, este último fazendo limite com Barcarena, a nordeste. Destaca-se, ainda, o rio Itanambuca, que serve de limite natural, a sudoeste, com o município de Igarapé-Miri (MEDEIROS, 2012).

2.2. Parâmetros Genéricos e Critério Básicos de Projeção

Foram utilizados os critérios e parâmetros contidos nas principais normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), voltados para a elaboração de sistemas de abastecimento de água, as quais descrevem o processo de desenvolvimento deste tipo de projeto, desde sua captação até a distribuição. Estas são: NBR 12211/92 (Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água); NBR 12212/92 (Projeto de poço para captação de água subterrânea), NBR 12215/91 (Projeto de Adutora de Água para Abastecimento Público), NBR 12218/94 (Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público) entre outras. Ressalta-se que também foram utilizados documentos complementares no desenvolvimento do sistema proposto.

2.3. Cálculo de Estimativa Populacional

Buscou-se primeiramente fazer uma estimativa do seu crescimento populacional, em função do tempo de alcance do projeto. Desta forma, o cálculo foi iniciado para um tempo “t₀”

igual ao ano de 2017 e término no ano de 2037, contabilizando 20 anos. A população estimada até 2037 teve o ano de 2017 como ano base (inicial). Foi utilizado como ferramenta de cálculo o Método de Crescimento Geométrico, através da Equação 1:

$$P_1 = P_0 \times q_0^{(Ano_1 - Ano_0)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

P_1 = População final; P_0 = População do ano Base; q_0 = Taxa de crescimento anual; Ano_1 = Ano final; Ano_0 = Ano Base;

A taxa de crescimento anual (q_0) da área urbana de Abaetetuba, de 2000 à 2010, foi de 1,61% ao ano. Para o cálculo dessa taxa é necessário ter informações sobre a população de Abaetetuba avaliada nos censos do IBGE no ano de 2000, que era de 70.752 habitantes, e de 2010, que era de 82.998 habitantes.

Através dos cálculos realizados, encontrou-se uma população final do bairro de Algodual para abastecimento igual a 19.055 habitantes para o ano de 2037, assim como demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Apresentação da projeção populacional do bairro de Algodual até 2037.

BAIRRO ALGODOAL				
Ano	2010	2017	2027	2037
População	12.383	13.847	16.244	19.055

Fonte: Autores, 2017.

2.4. Parâmetros de Projeto

Segundo a NBR 12218/1994, os critérios principais a serem seguidos e observados no momento de desenvolvimento de um projeto de rede de abastecimento de água são: Diâmetro mínimo para tubulação: 50 mm; pressão dinâmica mínima: 10,00 mca (necessária para que a água alcance os reservatórios domiciliares); pressão estática máxima: 50,00 mca (necessária para garantir a resistência da tubulações e controle de perdas de água); material da tubulação: tubos de ferro fundido, revestido de argamassa de cimento; rugosidade das paredes da tubulação (C): 130 (para tubos de ferro fundido, revestido de argamassa de cimento).

2.5. Metodologia Para Dimensionamento da Rede de Distribuição

O método utilizado para realizar o desenvolvimento do projeto de rede de distribuição de água foi o Método *Hardy-Cross*, utilizando o princípio de redes malhadas que demandam cálculos mais complexos já que possuem circuitos fechados (anéis). Este método foi desenvolvido em 1936 e é bastante utilizado ainda hoje por possibilitar o desenvolvimento manual dos cálculos de maneira simples além de ser provido de significado físico que facilita a análise dos resultados intermediários. Ele é aplicado principalmente para o dimensionamento de condutos principais de rede malhada (TSUTIYA, 2006). A Figura 3 exemplifica um modelo de rede malhada.

Para a NBR 12218/1994 (Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público), o dimensionamento das redes malhadas deve ser realizado por meio de métodos de cálculos iterativos, os quais garantam resíduos máximos de 0,1 L/s para vazão e de 0,5 kPa de carga piezométrica.

Figura 3. Rede malhada de distribuição de água.

Fonte: TSUTIYA, 2006.

Para determinar as perdas de carga nos trechos da rede de distribuição de água se utilizou-se a fórmula de Hazen-Williams para o cálculo, sendo apresentada na Equação 2 abaixo:

$$H_f = 10,643 \times Q^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87} \times L \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde H_f = Perda de carga (m); Q = Vazão do trecho (m^3/s); C = Coeficiente de Hazen-Williams; D = Diâmetro (m); L = Comprimento do trecho (m).

Para o dimensionamento da malha principal da rede fora utilizado os seguintes parâmetros de projeto: Alcance do projeto – 2037; População abastecida projetada (2037) – 19.055; Cota Per Capita – 150 l/hab/dia (adotado); Coeficiente do dia de maior consumo – $k_1 = 1,2$ (adotado); Coeficiente da hora de maior consumo – $k_1 = 1,5$ (adotado); Horas de funcionamento: 24h; Coeficiente de rugosidade de Hazen-Williams – $C = 130$ (tubos de Ferro Fundido)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema proposto para o bairro de Algodoal é constituído por captação, adutora de água bruta, estação simplificada de tratamento de água, sistemas elevatório de água tratada, reservação e rede de distribuição.

3.1. Captação

Baseado em estudos hidrológicos e hidrogeológicos realizados na região através de materiais da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), utilizando a sua base de dados Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) para obtenção dos perfis geológicos e características dos poços já construídos no município chegou-se à conclusão de que há grande potencial de aproveitamento da água subterrânea presente no município de Abaetetuba como fonte de produção de água para realizar o abastecimento do bairro de Algodoal. Desta forma, a captação deste recurso será realizada por meio de um poço tubular profundo, conforme as normas presentes na NBR 12212 (Projeto de poço para captação de água subterrâneas).

O poço proposto estará localizado na Rua José Maria de Manaus (Perpétuo Socorro), esquina com a Rua Santa Isabel (ou Everaldo Araújo), em um área que pertence à Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). Terá 145 m de profundidade e diâmetro de 300 mm na sua câmara de bombeamento e após 47 m de profundidade sofrerá uma redução para 250 mm. O seu nível estático é estimado em 5 m de profundidade em relação ao nível do terreno e o seu nível dinâmico é estimado em 10,7 m de profundidade. O poço tubular profundo fora projetado para atender a uma vazão de 30,556 L/s ou 110 m³/h, calculada de acordo com os critérios de projeto já mencionados. A bomba utilizada para captação da água e seu recalque

até a ETA é submersa. Vale ressaltar que tais valores aqui indicados são relativos à necessidade de suprir a demanda de água pela população do bairro em questão. Além disso, se faz necessário realizar estudos mais aprofundados para a obtenção da potência ideal para a bomba de captação.

3.2. Adutora de Água Bruta (AAB)

Para realizar a adução (condução) de água bruta retirada do poço foi adotada uma tubulação com diâmetro nominal de 250 mm para conduzir a água captada até a ETA simplificada. Esta tubulação de recalque possui cerca de 56,5 m de comprimento desde a saída do poço até o aerador.

3.3. Estação de Tratamento de Água Simplificada

Para o sistema de tratamento de água foi proposto uma estação simplificada composta basicamente por um aerador de bandejas, responsável pela aeração da água e retenção do ferro dissolvido; 4 filtros clarificadores de água com vazão de tratamento de 60 m³/h para atender uma demanda até 2037 de aproximadamente 59,55 L/s (214,38 m³/h); um reservatório semi-apoiado que possui aplicação de cal, cloro e flúor, funcionando como um tanque de contato. A partir desse reservatório, a água é encaminhada para o reservatório elevado, de onde vai seguir seu fluxo.

3.4. Estação Elevatória de Água Tratada (EAT)

Após a chegada no reservatório semi-apoiado, é desenvolvido uma nova linha de recalque na chamada estação elevatória de água tratada recalando esta água do reservatório semi-apoiado de 1404 m³ para o reservatório elevado de 352 m³ existente na área do tratamento. Deve ser utilizado um sistema conjunto de duas bombas (uma reserva) operando na forma de 1 + 1 (reserva).

É necessário que sejam realizados estudos mais detalhados em relação a qual o tipo de bomba e respectivo motor mais adequado para atender às especificações requeridas.

3.5. Reservação

Para reservação do volume de água tratado na ETA que será posteriormente distribuído para a população do bairro de

Algodoal serão utilizados reservatórios de montante, tendo suas normas de concepção e operação orientadas na NBR 12217/94 (Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público).

Para determinar o volume armazenado foram utilizadas recomendações Tsutiya (2006), o qual prevê o volume armazenado, em metros cúbicos, como sendo 1/3 da vazão de captação. Desse modo, foi determinado o volume total de armazenamento, para 2027, igual a 1.687,81 m³. Vale ressaltar que não será incorporado neste volume a reservação de incêndio visto que durante o processo de dimensionamento deste reservatório já fora utilizado o coeficiente k₂ (1,5) para corrigir o volume reservado que estará apto a suportar eventual ocorrência de incêndio.

Fica determinado a utilização de dois reservatórios dentro dos limites da estação de tratamento de água, estando um elevado e o outro semi-apoiado. Por motivos estéticos e econômicos o reservatório superior deverá apresentar um volume de armazenamento de 352 m³, estando o restante do volume no reservatório inferior, ou seja, 1404 m³. Vale ressaltar que esses valores ultrapassam os valores calculados para que se facilitasse o dimensionamento dos mesmos (diâmetro).

3.5.1. Dimensionamento dos reservatórios

Objetivando seguir os critérios de dimensões econômicas de construção dos reservatórios, fora utilizada a forma cilíndrica de concreto armado para o superior, o qual teve sua altura igual a 7 metros e diâmetro de 8 metros. Desta forma, deverá comportar aproximadamente 352 m³. Após a realização dos cálculos para o dimensionamento, chegou-se à conclusão de que o reservatório elevado deve possuir cerca de 14 metros de altura em relação ao nível do solo.

Para o reservatório semi-apoiado fora definido a forma retangular também de concreto armado, no qual determinou-se que as dimensões da base terão 18 m x 12 m de comprimento e 3,25 metros de altura para baixo nível do terreno e 3,25 metros acima do nível do terreno, necessários para comportar 1404 m³ de água.

3.6. Distribuição

Para o dimensionamento da rede de distribuição de água no bairro do Algodoal foi utilizada a configuração de rede em malha tendo área de influência sobre todo o bairro. Para a configuração dos anéis principais foram determinados 26 nós. A divisão destes nós formou uma configuração de 9 anéis compondo a rede principal de distribuição. Desse modo, foram desenvolvidas plantas, do bairro em questão, utilizando o software AutoCAD 2013, a fim de pontuar especificações da rede e sua configuração no próprio bairro.

3.6.1. Rede Principal e Secundária de Distribuição

A rede de distribuição deverá atender, por gravidade, toda a área atualmente arborizada e as áreas de expansão prevista, chamada de área de abrangência do bairro.

A malha principal terá seus diâmetros variados entre 300 mm a 50 mm e a malha secundária terá seu diâmetro dimensionado de 50 mm.

I. Parâmetros do Projeto

Para o dimensionamento da malha principal da rede fora utilizado os seguintes parâmetros de distribuição:

- Alcance do projeto - 2037
- População abastecida projetada (2037) – 19.055
- Cota Per Capita – 150 L/hab.dia
- Coeficiente do dia de maior consumo – k₁ = 1,2
- Coeficiente da hora de maior consumo – k₁ = 1,5
- Horas de funcionamento do sistema de distribuição: 24h
- Coeficiente de rugosidade de Hazen-Willians – C= 130 (tubos de Ferro Fundido)

I. Cálculo da Malha Principal

Para o dimensionamento da malha principal, utilizou-se o método de *Hardy-Cross*, próprio para sistema composto por circuitos fechados em malha, com a determinação das perdas de carga em cada trecho através da equação de Hazen-Willians. Na aplicação do método, utilizaram-se os seguintes dados:

- Área de influência dos nós;
- Vazões Nodais;

- Comprimento de tubulação de cada trecho, entre os nós;
- Coeficiente de rugosidade de Hazen-Williams

Como resultado das iterações no *Hardy-Cross* se terá:

- Perda de carga em cada trecho;
- Vazões nos trechos;
- Pressão e cota piezométrica nos nós;
- Cota do nível d'água nos reservatórios de distribuição.

Após a realização dos cálculos, utilizando planilha eletrônica no software Excel 2013, chegou-se a resultados finais de vazões em cada nó da rede e também dos diâmetros corrigidos em cada trecho da rede.

A seguir, serão identificadas os valores obtidos de vazões e diâmetros corrigidos através do método *Hardy-Cross*, assim como as malhas utilizadas para o dimensionamento da rede de distribuição de água, na Tabela 2 e Figura 4, respectivamente.

Figura 4. Rede malhada de distribuição de água para o bairro de algodual – Abaetetuba.

Fonte: Autores, 2017.

II. Cálculo da Malha Secundária

Para o dimensionamento da malha secundária, utilizou-se o método de equivalência das áreas, já que as mesmas estão dentro das áreas de influência da malha principal, obtendo assim a vazão e determinando o diâmetro através da tabela de MARTINS 1976. Dessa

forma constatou-se que todos os diâmetros nominais da rede secundária de distribuição serão de 50 mm, o que aumenta a pressão na tubulação, atendendo, dessa forma, as pressões mínimas estabelecidas pela norma NBR 12218/1994 redigida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas.

4. CONCLUSÕES

A questão do abastecimento de água é um dos assuntos mais centrais no contexto global, sendo um dos maiores desafios contemporâneos o fornecimento de água em quantidade e qualidades adequadas, acompanhando o crescimento populacional em zonas que apresentam urbanização emergente como o bairro de Algodual em Abaetetuba-PA.

Após o planejamento, a concepção e o dimensionamento realizado neste trabalho, chegou-se a resultados satisfatórios, visto que uma vez corretamente dimensionada, a rede de distribuição de água projetada garante o atendimento a toda a população do bairro em questão. Tal fato é de grande relevância para este trabalho, já que grande parte da população do bairro não é atendida pela rede de abastecimento atual devido esta não chegar até essas pessoas. Dessa forma, essa população passaria a receber água com qualidade e não mais tendo que se preocupar em fazer perfurações de poços subterrâneos, ou então utilizar a água do rio para satisfazer suas necessidades.

REFERÊNCIAS

1. ALENCAR, I. C.; RIBEIRO, E. R. F. Análise da ocupação da Chicolândia em Abaetetuba/PA: Uma proposta de gestão ambiental sustentável. In: Congresso da Conferência Latino Americana de Geógrafos (CLAG). Anais... Universidade Federal do Ceará, Fortaleza: 2015, p.88.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12212 – Projeto de poço para a captação de água subterrânea. 1992.
3. _____. NBR 12211 – Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. 1992.

4. _____. NBR 12217 – Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. 1994.
5. _____. NBR 12218 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. 1994.
6. BARROS, F. B.; SILVA, D. da. Os Mingauleiros de Miriti: Trabalho, Sociabilidade e Consumo na Beira de Abaetetuba, Pará. Revista FSA (Faculdade Santo Agostinho), Teresina, v. 10, n. 4, art. 3, p. 44-66, Out./Dez. 2013. Disponível em: <<http://www4.fsanet.com.br/revista/index.php/fsa/article/viewFile/308/122>>. Acesso em: 15 abr. 2017.
7. BRASIL. Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Câmara dos deputados. Brasília-DF, 2007.
8. _____. Ministério da Saúde (MS). Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília-DF, 2011.
9. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sinopse do Censo Demográfico 2010 - Pará. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=29&uf=15>>. Acesso em: 30 fev. 2017.
10. INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking do saneamento. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ranking/2016/tabela-das-100-cidades.pdf>>. Acesso em 05/07/2017.
11. MEDEIROS, A. C. Obtenção do IQA para Avaliação da Qualidade da Água em Rios dos Municípios de Abaetetuba e Barcarena (PA). Belém, 130p., 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará.
12. REBOUÇAS, A. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. Revista Bahia análise & Dados. V. 13, nº especial, p.341-345. Salvador, 2003.
13. RIBEIRO, A. A. *et al.* Paradoxo da água na Amazônia brasileira: uma análise sobre a problemática de abastecimento de água no bairro do Algodoal em Abaetetuba/PA. Boletim Amazônico de Geografia. Belém, v. 02, n. 04, p. 10-21. jul./dez. 2015.
14. RIBEIRO, S. R.; FRANÇA, C. F. de. Condição Urbana e Ambiental no Bairro Algodoal em Abaetetuba/PA Frente à Ocupação das Várzeas. Revista Geonorte, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.272-275, 2014.
15. SÁ, L. L. C. de, JESUS, I. M. de, SANTOS, E. C. O., VALE, E. R., LOUREIRO, E. C. B., SÁ, E. V. de. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em duas áreas contempladas com intervenções de saneamento – Belém do Pará, Brasil. Epidemiologia e Serviços de Saúde, volume 15 – Nº 3 – Jul/Set de 2005.
16. SILVA, C. G. da; DIAS, A.D; MORAES, Y.S.; MORAES, S. C. Turismo e sustentabilidade nas comunidades varzeiras do município de Abaetetuba, Estado do Pará. Sociedade e Desenvolvimento Rural online – v.7, n. 2 – Abr – 2013.
17. TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 3ª Edição. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2006.

Figura 1. Localização espacial do bairro de Algodoal, Abaetetuba.
Fonte: Autores, 2017.

Tabela 2. Apresentação da dos valores de vazão e diâmetros corrigidos a partir do método Hardy-Cross.

Trecho	Vazão corrigida no trecho (l/s)	Diâmetro corrigido (m)
1-5	15,25	0,200
5-4	-3,03	0,100
4-3	-3,94	0,100
3-2	-4,21	0,100
2-1	-5,64	0,150
5-1	-15,25	0,200
1-10	-2,95	0,100
10-9	6,73	0,150
9-6	-5,75	0,150
6-5	-15,94	0,200
9-8	1,45	0,075
8-7	-6,83	0,150
7-6	-8,43	0,150
6-9	5,75	0,150
10-11	28,16	0,200
11-12	2,22	0,100

12-9	-8,95	0,150
9-10	-6,73	0,150
12-13	-2,40	0,100
13-8	-6,01	0,150
8-9	-1,45	0,075
9-12	8,95	0,150
12-11	-2,22	0,100
11-15	24,22	0,200
15-16	10,53	0,150
16-14	3,45	0,100
14-12	-8,23	0,150
15-17	12,08	0,150
17-18	10,76	0,150
18-19	9,85	0,150
19-20	6,42	0,150
20-21	1,18	0,075
21-16	-4,68	0,100
16-15	-10,53	0,150
14-16	-3,45	0,100
16-21	4,68	0,100
21-24	3,05	0,100
24-23	-0,18	0,050
23-22	-3,56	0,100
22-14	-7,54	0,150
23-24	0,18	0,050
24-26	1,56	0,075
26-25	-0,29	0,050
25-23	-1,50	0,075

Fonte: Autores, 2017.