



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL  
SUSTENTÁVEL

**ANGELA MARIA MORAIS SILVA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA  
DAS TIMBAÚBAS, NO SUL DO CEARÁ**

**CRATO – CEARÁ**

**Fevereiro / 2019**

**ANGELA MARIA MORAIS SILVA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA  
DAS TIMBAÚBAS, NO SUL DO CEARÁ**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável, da Universidade Federal do Cariri-UFCA, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável.

Área de concentração: Ambiente e Desenvolvimento Regional Sustentável.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Gorethe de Sousa Lima Brito.

Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriana Oliveira Araújo.

Linha de Pesquisa: Meio Ambiente

Sublinha de pesquisa: Qualidade dos sistemas aquáticos e controle de poluição

CRATO – CEARÁ

Fevereiro / 2019

Dados Internacionais de Catalogação na  
Publicação Universidade Federal do Cariri  
Sistema de Bibliotecas

---

S586a Silva, Angela Maria Morais.  
Avaliação da qualidade ambiental da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas, no sul do  
Ceará/ Angela Maria Morais Silva.– 2019.  
161 f.; enc.; 30 cm.  
(Inclui Bibliografia p. 123-136).

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Cariri, Centro de Ciências Agrárias e  
Biodiversidade, Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável, Crato, 2019.

Orientação: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Maria Gorethe de Sousa Lima Brito.

Co-orientação: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Adriana Oliveira Araújo.

1. Adensamento Populacional. 2. Atividades Antrópicas. 3. Dimensão Socioambiental e  
Político-Institucional. 4. Medidas De Qualidade. I. Título.

CDD 551.48

---

Bibliotecário: João Bosco Dumont do Nascimento – CRB 3/1355

ANGELA MARIA MORAIS SILVA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA  
DAS TIMBAÚBAS, NO SUL DO CEARÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER), da Universidade Federal do Cariri-UFCA, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável.  
**Área de Concentração:** Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

Aprovada em 28 / 02 / 2019

BANCA EXAMINADORA

Maria Gorethe de Sousa Lima Brito

Profª. Dra. Maria Gorethe de Sousa Lima Brito

(Orientadora – UFCA)

Adriana Oliveira Araújo

Profª. Dra. Adriana Oliveira Araújo

(Co-Orientadora – IFPB)

Paulo Renato Alves Firmino

Profª. Dr. Paulo Renato Alves Firmino

(Membro convidado interno – UFCA)

Sávio de Brito Fontenele

Profª. Dr. Sávio de Brito Fontenele

(Membro convidado externo – FAP)

*Dedico*

*A todo pesquisador, que busca incessante por  
respostas às suas inquietações.*

*A população, que na grande maioria fica à  
margem do conhecimento, se quer percebe as  
deficiências do sistema.*

## AGRADECIMENTOS

A todas as pessoas que direto ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa;

Aos órgãos públicos, que com dificuldade e muita persistência, cederam-me dados pertinentes ao estudo e sem os quais seriam infundados os resultados alcançados e as considerações aqui levantadas;

Às empresas privadas, que cederam seu tempo e informações para a realização desta pesquisa;

Aos bolsistas do Laboratório de Saneamento da Universidade Federal Cariri que me auxiliaram prontamente todas as vezes que estavam ao seu alcance, em especial Levi, Jany, Luís, Ilderlanio, Larissa, Vitória, Anielly e Allan Bruno;

Aos meus amigos Suelho Pereira e Wedson que deixaram suas atividades acadêmicas para virem me auxiliar nas coletas e análises de água;

À Lucimara, técnica do Laboratório de Saneamento da Universidade Federal do Cariri que todas as vezes que precisei pode me auxiliar, me direcionando sobre os procedimentos das análises de água até mesmo quando já era tarde da noite que me respondia no WhatsApp;

Aos meus professores, que desde as séries iniciais até o ensino superior se dedicaram a mim, agradeço não somente por terem ensinado, mas por me terem feito aprender, em especial Yannice Tatiana que além de professora, tornou-se uma amiga e que me fez acreditar que esse projeto seria possível, foi inclusive sua a ideia de algo mais desafiador. Meu muito obrigada!;

A minha orientadora, Prof<sup>ª</sup> Maria Gorethe de Sousa Lima Brito, por me direcionar nesse desafio e confiar que teríamos êxito em nossos resultados, pelo seu conhecimento, dedicação e sua disposição em atender dúvidas acadêmicas, além da paciência para escutar minhas angustia e por sempre tentar me tranquilizar, sendo mais que uma professora, uma amiga;

A minha coorientadora, Prof<sup>ª</sup> Adriana Oliveira Araújo, que acreditou nesta pesquisa e fez parte desta equipe e sempre me incentivou a buscar mais e não desanimar diante os desafios, como uma amiga. Agradeço pelo tempo dispendido e por toda as orientações;

Ao Professor Sávio Fontenele que prontamente e ativamente participou dos momentos essenciais à execução deste trabalho, como membro externo nas Bancas de Qualificação e Defesas, trazendo contribuições relevantes e pertinentes na melhora do mesmo;

Aos professores, secretaria e colaboradores do Mestrado - PRODER, que contribuíram de forma, assídua no curso dessa pesquisa, com quebras de paradigmas, que oportunizaram muitas vezes o meu próprio refazimento diante o próprio eu individual e coletivo;

Ao Professor Flávio Brito que prontamente me auxiliou compartilhando seus conhecimentos, afim de contribuir com a pesquisa;

Aos meus alunos que passaram por minha caminhada profissional, com os quais muito aprendi e me marcaram profundamente, com suas histórias, anseios, sonhos e carinho que me fazem persistir na caminhada árdua da docência;

À CAPES, que me viabilizou a bolsa;

À Universidade Federal do Cariri – Campus Juazeiro do Norte e ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento regional Sustentável;

A minhas amigas: Neiliane Bezerra, Môngolla Freitas, Socorro Peixoto e Wissilene da Silva, com as que, mesmo distantes compartilhei de angústias e alegrias. Obrigada pela a irmandade, e torcida diária por cada conquista;

Aos meus amigos, que entenderam minha ausência nesse tempo todo, compreendendo minha situação, e sei que mesmo distante, sinto a energia positiva deles na minha caminhada, em especial Leandra Azevedo e Isaely França;

Aos meus colegas de trabalho que escutaram minhas angustias e me fortaleceram com palavras de conforto e serenidade, em especial Laurindo que compartilha comigo o momento de mestrando e sabemos bem os entraves de cada dia;

À minha família, que são minha base mais sólida, que me apoia em todas as minhas decisões. Por todas as contribuições, por toda torcida e gestos infindáveis de amor, agradeço infinitamente por a existência de vocês em minha vida;

Aos meus pais Manoel Hilário da Silva e Rita Nair Morais Silva, meu maior exemplo de honestidade e luta, que sempre souberam conduzir seus onze filhos com coragem, dignidade, humildade e muito amor. Que nos falaram que o conhecimento seria a única herança que poderíamos ter e com muitas dificuldade e abdições, em especial do seio familiar nos oportunizou o seu melhor. Meu infinito amor e gratidão!

Ao meu namorado Jailton Soares que encarou junto comigo por diversas vezes o desafio de ir a campo os mais longínquos caminhos e embaraçosas vielas em períodos diurnos e noturnos, na coleta de dados, além de me tranquilizar sempre que estive sem rumo;

A Deus, que é causa maior de toda essa lista, não por menor valor, mas justamente o contrário, por possibilitar tudo isso, que aqui venho agradecer! Por todas as vezes, e forma muitas que conversamos baixinho e me ouviu fielmente e nunca me deixou faltar a esperança e a fé que eu podia e posso conseguir. Minha infinita GRATIDÃO!!!



*Conheça todos as Teorias, Domine todas as Técnicas, mas ao Tocar uma Alma Humana, seja apenas outra Alma Humana.*

Carl G. Jung

MORAIS SILVA, A. M. **Avaliação da Qualidade Ambiental da Sub-Bacia Hidrográfica das Timbaúbas, no Sul do Ceará.** (Dissertação de Mestrado) - Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável. Universidade Federal do Cariri-UFCA, PRODER, Juazeiro do Norte, 2015.

**Perfil da autora:** Licenciatura em Química e Biologia (UVA/2005); Bacharel em Engenharia Ambiental (IFCE/2017); Especialista em Educação Ambiental (FASP/2011).

## RESUMO

O Desenvolvimento Sustentável é pautado na sustentabilidade econômica, social e ambiental, de modo que os recursos naturais essenciais ao desenvolvimento das gerações presentes, também estejam disponíveis de forma igualitária para as gerações futuras. No entanto, o crescimento e adensamento populacional nas cidades, instigado pela dimensão econômica, têm desarmonizado o tripé do DS, resultando na busca por mudanças no modelo de desenvolvimento vigente que resulte na melhoria da qualidade dos espaços urbanos, da qualidade de vida. Neste sentido, a realização de estudos para avaliar a qualidade ambiental em bacias hidrográficas urbanas é uma estratégia que visa subsidiar o planejamento dessas áreas. Esta pesquisa teve por objetivo avaliar o Índice de Qualidade Ambiental da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas, localizada no sul do Estado do Ceará, por meio da utilização de indicadores de qualidade ambiental. A delimitação e caracterização morfométrica da área de estudo foi realizada por meio de imagem de satélite. Para facilitar o estudo, a sub-bacia foi dividida em seis Unidades de Avaliação, utilizando-se o critério da variável densidade populacional. Para a seleção dos pontos de coleta, por Unidade de Avaliação, foi utilizada a metodologia da amostragem aleatória estratificada utilizando-se os *softwares* de geoprocessamento. O índice de qualidade ambiental foi constituído por 8 indicadores socioambientais, relacionados aos serviços de saneamento básico, ao estado de preservação de áreas de preservação permanente, e dos recursos hídricos superficiais, e a presença de áreas de lazer. Quanto aos indicadores político-institucionais, que perfizeram um total de 5, foram considerados aspectos referentes a qualidade dos serviços prestados à população nas áreas educacional, segurança e iluminação pública, saúde e mobilidade urbana. A partir da análise dos resultados, verificou-se que os piores índices de qualidade ambiental foram identificados nas UA I, UA II, UA III e UA IV. Os indicadores que contribuíram expressivamente para esse resultado foram os de esgotamento sanitário, drenagem urbana e de mobilidade urbana. A

melhor condição de qualidade ambiental foi verificada nas UA V e VI, em decorrência dos elevados níveis dos indicadores de abastecimento de água, de segurança pública e de iluminação pública. Esses resultados reforçam a necessidade do poder público analisar de forma equitativa todas as áreas que fazem parte da sub-bacia das Timbaúbas, uma vez que foram obtidas diferenças expressivas de qualidade ambiental entre suas unidades de avaliação, para, assim, poderem implementar políticas públicas mais assertivas para a realidade de cada localidade.

**Palavras chave:** Adensamento populacional. Atividades antrópicas. Dimensão socioambiental e político-institucional. Medida de qualidade

## ABSTRACT

Sustainable Development is based on economic, social and environmental sustainability, so that the natural resources essential to the development of present generations are equally available to future generations. However, population growth and increasing population density in urban areas, instigated by the economic dimension, have disharmonized the tripod of the DS, resulting in the search for change of this standard model and with this, a greater relevance of urban space quality. In this regard, studies that evaluate the environmental quality of urban hydrographic basins are a strategy that aims to subsidize effective urban planning. This research applied the Environmental Quality Index, which contains both socio-environmental and political-institutional indicators, to evaluate Timbaúbas sub-basin, located in Ceará State south region. The delimitation and morphometric characterization of the study area were performed by satellite imaging. In order to make the study feasible, the sub-basin was divided into six Evaluation Units, using population density as the main criterion. For sampling point selection in each Evaluation Unit, the Stratified Random Sampling methodology was applied with the assistance of geoprocessing softwares. The environmental quality index consisted of 8 socio-environmental indicators, related to basic sanitation services, preservation of permanent preservation areas, surface water resources, and the occurrence of recreation areas. Regarding the political-institutional indicators, 5 in total, aspects related to the quality of public services in the areas of education, security, public infrastructure, health and urban mobility were considered. Based on the results analysis, it was verified that the worst environmental quality indexes were found in UA I, UA II, UA III and UA IV. The indicators that contributed significantly to this result were those related to basic sanitation, urban drainage and urban mobility. The best environmental quality condition was verified in the UA V and VI, due to the high indicators values for water supply, public security and public infrastructure. These results emphasize the need for an equitable public authority assistance, once all the studied areas constitute Timbaúbas sub-basin and present significant differences of environmental quality among themselves. Consequently, a more effective and compatible management will benefit the sub-basin as a whole.

**Keyword:** Population density. Anthropogenic activities. Socio-environmental and political-institutional aspects. Quality measure.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Mapa de localização da Sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas
- Figura 2** – Fluxograma das atividades realizadas para obtenção do Índice de Qualidade Ambiental da sub-bacia hidrográfica do riacho da Timbaúbas
- Figura 3** – Sub-bacia das Timbaúbas, subdividida em seis unidades de avaliação
- Figura 4** – Pontos de coleta de dados obtidos mediante observação ambiental em cada Unidade de Avaliação.
- Figura 5** – Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas
- Figura 6** – Mapeamentos das áreas de cabeceiras da sub-bacia das Timbaúbas
- Figura 7** – localização das lagoas inseridas na sub-bacia das Timbaúbas
- Figura 8** – Características demográficas e constituição territorial das Unidades de Avaliação
- Figura 9** – Situação do esgotamento sanitário das Unidades de Avaliação da sub-bacia das Timbaúbas
- Figura 10** – Visualização de obstruções de sarjetas e de galerias por esgotos, por sedimentos e por resíduos sólidos em pontos de observação ambiental localizados na UA VI.
- Figura 11** – Pontos de coleta das amostras de água
- Figura 12** – Aspectos estéticos ambientais das Unidade de Avaliação da sub-bacia das Timbaúbas.
- Figura 13** – Pavimentação das Unidades de Avaliação da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas
- Figura 14** – APP do riacho das Timbaúbas
- Figura 15** – APP da Lagoa 1 na UA I
- Figura 16** – APP das Lagoas da UA II
- Figura 17** – Fragilidades das APP nas UA I, II e III
- Figura 18** – Área de solo exposto da sub-bacia hidrográfica as Timbaúbas
- Figura 19** – Área de solo exposto da UA II
- Figura 20** – Áreas de lazer da sub-bacia das Timbaúbas
- Figura 21** – Paradas de ônibus das Unidades de Avaliação citadas.
- Figura 22** – Incidência de doenças compulsória na sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** – Classificação dos valores do IQA nos estados brasileiros

**Tabela 2** – Distâncias entre os pontos de amostragem

**Tabela 3** – Classificação do  $D_{SA}$  e  $D_{PI}$

**Tabela 4** – Classificação da Qualidade Ambiental

**Tabela 5** – Morfometria da Sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas

**Tabela 6** – Resultados dos indicadores de qualidade ambiental

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 1** – Forma da bacia hidrográficas em relação aos coeficientes de compacidade e de conformação

**Quadro 2** – Conceitos e definições da qualidade ambiental

**Quadro 3** – Conceitos e definições da qualidade de vida

**Quadro 4** – Métodos usados na morfométrica da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas

**Quadro 5** – Coordenadas e localização dos pontos de coleta de dados obtidos mediante observação ambiental em cada Unidade de Avaliação.

**Quadro 6** – Coordenadas geográficas e descrição dos pontos de coleta de amostras de água para avaliação da qualidade dos recursos hídricos existentes na área de estudo.

**Quadro 7** - Mensuração e ponderação das variáveis e dos indicadores considerados no cálculo do IQAmbiental das UA I, UA II e UAIII, com suas respectivas mensurações e ponderações

**Quadro 8** - Mensuração e ponderação das variáveis e dos indicadores considerados no cálculo do IQAmbiental das UA I, UA II e UAIII, UA IV, UA V e UA VI com suas respectivas mensurações e ponderações

**Quadro 9** - Mensuração e ponderação das variáveis e dos indicadores considerados no cálculo do IQAmbiental das UA IV e UA V, com suas respectivas mensurações e ponderações

**Quadro 10** - Mensuração e ponderação das variáveis e dos indicadores considerados no cálculo do IQAmbiental das UA VI, com suas respectivas mensurações e ponderações

**Quadro 11** - Parâmetros utilizados para composição do Indicador de Qualidade da Água

**Quadro 12** - Equações utilizadas para calcular os indicadores, indicadores e o IQAmbiental

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- APP – Área de Preservação Permanente
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo
- Cepam – Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal
- Dd – Densidade de drenagem
- DS – Desenvolvimento Sustentável
- DSa – Indicadores da dimensão Socioambiental
- DPi – Indicadores da dimensão Político-institucional
- FCC – Fundação Carlos Chagas
- FGV – Fundação Getúlio Vargas
- FNS – Fundação Nacional de Saúde
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- Ibict – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
- Ic – Índice de circularidade
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
- Is – Índice de sinuosidade
- IQAmbiental – Índice de Qualidade Ambiental
- Kc – Coeficiente de compacidade
- Kf – Coeficiente de forma
- OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- OIT – Organização Internacional do Trabalho
- OMS – Organização Mundial de Saúde
- ONU – Organização das Nações Unidas
- PDDU – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano
- PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos
- PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
- PNSB – Política Nacional de Saneamento Básico
- PNDR – Política Nacional de Desenvolvimento Regional
- PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
- PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
- Pt – Ponto de coleta
- RMC – Região Metropolitana do Cariri



IAA – Indicador de água de abastecimento público  
IAL – Indicador de área de lazer  
IAPP – Indicador de área de preservação permanente  
IDU – Indicador de drenagem urbana  
IES – Indicador de esgotamento sanitário  
IEPM – Indicador de educação municipal pública  
IL – Indicador de limpeza  
IIP – Indicador de iluminação pública  
IMU – Indicador de mobilidade urbana  
IP – Indicador de pavimentação  
IRH – Indicador de recursos hídricos  
ISaP – Indicador de saúde pública  
ISeP – Indicador de segurança pública  
UA – Unidade de Avaliação  
UC – Unidade de Conservação  
UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura  
ZE – Zona Especial

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO .....   | 17 |
| REFERENCIAL TEÓRICO.....   | 21 |
| 2.1 Gestão de Bacias Hidrográfica na Perspectiva do Desenvolvimento Sustentável .....                    | 21 |
| 2.2.1 Gestão do uso do solo em bacia hidrográfica na perspectiva urbana .....                            | 22 |
| 2.2 Base Legal.....  | 24 |
| 2.3 Área de Preservação Permanente – APP: uma contribuinte na conservação de Bacias. ....                | 25 |
| 2.4 Aspectos Morfométricos de Bacias Hidrográficas.....  | 27 |
| 2.5 Qualidade Ambiental.....   | 28 |
| 2.5.1 Indicadores de Sustentabilidade de Bacia Hidrográfica .....  | 31 |
| 2.5.2 Indicadores de Qualidade Ambiental .....   | 33 |
| 2.5.3 Indicadores de Qualidade Ambiental utilizados nesta pesquisa .....                                 | 36 |
| 2.6 Metodologia de Avaliação da Qualidade Ambiental aplicando Indicadores .....                          | 51 |
| 3 TIPO DA PESQUISA .....   | 53 |
| 4 LOCAL DA PESQUISA.....   | 54 |
| 5 ETAPAS METODOLÓGICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....  | 57 |
| 5.1 Delimitação e caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas .....              | 58 |
| 5.2 Subdivisão da área de estudo por Unidade de Avaliação.....   | 60 |
| 5.3 Definição das variáveis e dos indicadores do IQAmbiental, por UA.....                                | 61 |
| 5.4 Coleta de dados e seleção dos pontos de coleta .....   | 63 |
| 5.5 Ponderação e mensuração das variáveis e dos indicadores constituintes IQAmbiental por UA ..          | 69 |
| 5.5.2 Índice de Qualidade Ambiental .....  | 88 |
| 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....   | 89 |
| 6.1 Morfometria da sub-bacias hidrográfica das Timbaúbas .....   | 89 |
| 6.2 Características das Unidades de Avaliação.....   | 93 |
| 6.3 Índice de Qualidade Ambiental da Sub-bacia Hidrográfica das Timbaúbas por Unidade de Avaliação ..... | 95 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....       | 125 |
| 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... | 127 |

## 1 INTRODUÇÃO

O modelo de desenvolvimento sustentável fundamenta-se nas dimensões econômica, social e ecológica e tem como premissa o desenvolvimento sustentável das gerações do presente e, igualmente, das gerações futuras. Contudo, a dimensão econômica vem sendo desenvolvida ao longo das últimas décadas em desarmonia com as outras dimensões, haja vista o rápido crescimento econômico associado à exploração dos recursos naturais de forma indiscriminada, os quais são fatores contribuintes para os aglomerados urbanos sem planejamento e, conseqüentemente, dos altos níveis de poluição liberados no meio ambiente, podendo muitos destes serem considerados irreversíveis a curto, médio e/ou a longo prazo.

Dessa forma, impera nos dias atuais uma necessidade de maiores esforços no controle de poluição e estudos da qualidade ambiental dos espaços urbanos, uma vez que os centros urbanos são tidos como maiores degradadores da qualidade ambiental, devido sua “extensão urbana e seu desenvolvimento”<sup>1</sup>. De certo modo, os aglomerados urbanos, quando mais expressivos, restringem a equidade urbana e acarretam uma gama de problemas socioambientais, como o esgotamento sanitário falho ou inexistente, impermeabilização do solo, retirada da vegetação, dificuldade de mobilidade, dentre outros, (GOULARTE e CALLISTO, 2000; DORNFELD, 2006; MAIER, 2007).

O diagnóstico, planejamento e gerenciamento são fases indispensáveis para uma boa gestão de qualidade ambiental do espaço urbano. Assim, tem-se as bacias hidrográficas como espaço territorial de planejamento estratégico, ideal para implementação de políticas de gestão dos recursos hídricos e indiretamente dos recursos ambientais desta (BRASIL, 1997). É possível realizar um diagnóstico da bacia hidrográfica e identificar as fragilidades e potencialidades, de modo menos complexo. Dessa forma, os indicadores de qualidade ambiental são amplamente utilizados com esse fim, pois são ferramentas importantes para auxiliar o processo de gestão, de modo a mensurar a qualidade ambiental de bacias hidrográficas (MINAKI E AMORIM, 2014; ROGGERO E LUCHIARI, 2011; DIAS, GOMES E ALKMIM; 2011; UGEDA E AMORIM, 2009; NAHAS, 2009).

Segundo Almeida (2015), estima-se que na Bacia do Araripe sejam explorados mais de 1.200 poços. Nessa bacia, segundo Sabiá (2008), está a sub-bacia do Salgado que abrange

---

<sup>1</sup> Desenvolvimento econômico, crescimento populacional, expansão de áreas construídas e das vias públicas.

23 municípios da Região Metropolitana do Cariri (RMC), dentre os quais estão Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha. No contexto das sub-bacias, são muitas as definições conceituais. De tal modo, Célio e Reis (2006) definem a microbacia como uma sub-bacia e que a mesma pode apresentar uma área variando de 0,1 Km<sup>2</sup> a 200 Km<sup>2</sup>. Dessa forma, a sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas é um recorte espacial com 56,15 Km<sup>2</sup> inserida nos municípios Juazeiro do Norte, Barbalha e Crato.

A sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas tem uma área urbanizada de 59,75 %, além de apresentar grandes áreas de loteamento em processo de urbanização (leste e sul da sub-bacia), limites entre os municípios Juazeiro do Norte e Barbalha. Nessa área é perceptível a influência do setor industrial e imobiliário, o que acelera ainda mais o processo de urbanização da sub-bacia, não considerando, portanto, as necessidades de manutenção das funções ecossistêmicas da sub-bacia, comprometendo assim, o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida urbana e ambiental da sub-bacia.

O município de Juazeiro do Norte tem nos recursos hídricos subterrâneos considerados as mais importantes fontes de água potável para o abastecimento público e privado, além de diversas outras atividades como agricultura e indústrias (ALMEIDA, 2015).

Entretanto, Silva (2013) em pesquisa realizada com os sedimentos de fundo nos canais de drenagem natural de Juazeiro do Norte, obteve para os trechos referentes ao riacho das Timbaúbas, variações nas concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) e de Carbono lábil (C<sub>lábil</sub>). Este resultado pode ser atribuído a contribuições intermitentes de esgotos lançados ao longo de toda a rede de drenagem, bem como as variações das concentrações de material orgânico e diferentes níveis de antropização, uma vez que estes são localizados na zona urbana (MAIA *et al.*, 2012; SILVA, 2013).

De posse desta realidade, entende-se que a densidade populacional da sub-bacia a torna também receptora de grandes cargas poluidoras. Neste cenário, percebe-se uma necessidade urgente de identificar o nível de qualidade ambiental nesta unidade de planejamento territorial de tão grande relevância, em especial, para o município de Juazeiro do Norte, tendo em vista o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais e da qualidade ambiental da sub-bacia.

Considerando que a qualidade ambiental está associada aos fatores de ordem natural e antrópica, surgiram as seguintes inquietações: como está a qualidade ambiental na sub-bacia

hidrográfica das Timbaúbas? Quais aspectos: urbanos, estéticos, sociais, políticos e/ou naturais são determinantes ou limitantes da qualidade ambiental desta sub-bacia?

As inquietações surgiram da verificação da forte pressão antrópica na área de estudo, principalmente nas áreas de maior densidade que se observa as seguintes feições: grande fluxo de efluente doméstico (sem nenhum tratamento prévio) “canalizado” para o leito dos riachos, presença acentuada de resíduos sólidos dos mais variados tipos às margens e no próprio curso d’água, portanto, recebendo grande carga poluidora (SILVA, 2013).

O cenário corrobora com a necessidade de avaliar e o Índice da Qualidade Ambiental (IQAmbiental) que poderá subsidiar para o planejamento estratégico do uso dos recursos naturais, cuja finalidade é mitigar os impactos causadores do desequilíbrio, desarmonia do ambiente e sustentabilidade da sub-bacia.

Diante o cenário exposto, o estudo baseia-se na hipótese de que a Qualidade Ambiental dos bairros que compõem a sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas é diretamente proporcional a densidade populacional dos destes.

O objetivo geral desta pesquisa é Avaliar o Índice de Qualidade Ambiental da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas, localizada no sul de Estado do Ceará, considerando áreas com diferentes densidades populacionais, e objetivos específicos, tais como Delimitar e caracterizar morfometricamente a sub-bacia hidrográfica da Timbaúbas; Dividir a sub-bacia em unidade de Avaliação, considerando as diferentes densidades populacionais; Conhecer os aspectos socioambientais e político-institucional da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas; Especificar as variáveis com seus indicadores os quais irão compor o IQAmbiental; Mensurar e ponderar as variáveis, os indicadores considerados nesta pesquisa; Calcular os indicadores e o IQAmbiental da área de estudo; Discutir as variáveis quanto a contribuição na composição do IQAmbiental da área.

Esta pesquisa se faz necessária e proeminente, visto que o método de pesquisa com o uso de Indicadores de Qualidade Ambiental (IQAmbiental), além de ser bastante usado em pesquisas científicas e estatísticas por instituições nacionais e internacionais, vem sendo também muito disseminado como método analítico para identificar os potenciais e fragilidade de áreas específicas (macroáreas e microáreas). O IQAmbiental da sub-bacia hidrográfica da Timbaúbas foi obtido por meio de pesquisa de campo, bibliográfica e documental nos órgãos e instituições públicas e empresas privadas. Culminou em um índice que varia entre 0,00 e

1,00. O IQAmbiental poderá contribuir como instrumental de referência da qualidade da sub-bacia, de modo a auxiliar numa política de gestão pública para toda a área.

Os conceitos principais e fatores de importância para este estudo estão assim agrupados em capítulos: Base legal; Área de Preservação Permanente – APP uma contribuinte na conservação de bacias hidrográficas; Gestão de bacias hidrográficas na perspectiva do desenvolvimento sustentável; Aspectos morfométricos de bacias hidrográficas; Qualidade ambiental; e Metodologias de avaliação da qualidade ambiental aplicando indicadores – estes capítulos constituem a base teórico deste estudo; Etapas metodológicas para o desenvolvimento da pesquisa, as quais foram utilizadas na pesquisa com classificações, ponderações, delineamento do estudo e caracterização da área e objeto-alvo; Resultados e discussões - com explanação da avaliação da qualidade ambiental da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas e respectivas observações dos aspectos e fatores potenciais e limitantes desta avaliação; e Considerações finais e recomendações, na qual apresenta um apanhado geral sobre a implicações da pesquisa, além de apresentar contribuições para desvendar situação dos recursos naturais com foco na sustentabilidade da sub-bacia.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados temas e citações de autores relevantes para o embasamento teórico deste trabalho e têm como finalidade fazer uma contextualização do objeto de estudo, bacias hidrográficas e qualidade ambiental.

### *2.1 Gestão de Bacias Hidrográfica na Perspectiva do Desenvolvimento Sustentável*

O tema Desenvolvimento Sustentável (DS) ganhou destaque na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Cnumad), realizada no Rio Janeiro em 1992, conhecida como Rio-92 ou Eco-92. Esta discutiu o desenvolvimento e a proteção ao meio ambiente, dando ênfase a busca pelo DS (ONU, 2017). Entretanto, esta temática vem sendo discutida desde a década de 70 com a Conferência de Estocolmo em 72.

O conceito de DS baseado na Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento das Nações Unidas - CMMD, em 1987, na premissa de garantir o atendimento as necessidades da geração presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de atender suas necessidades (BRUNDTLAND, 1991; MUELLER, 1996). Sachs (1986) vê o DS numa configuração de atitudes pluri e transdisciplinar, as quais perpassam por divergências de caráter ideológico e teórico. Para Furtado (2000) o desenvolvimento efetivo não pode ser confundido com o crescimento econômico, o autor, ressalta que o “desenvolvimento se manifestaria pela distribuição equitativa dos resultados do crescimento para a população” (FURTADO, 1974b *apud* CHACON, 2013, p. 108).

Dessa forma e por meio de práticas educativas num dialeto informativo, permuta a construção de valores éticos de corresponsabilização e sob esta perspectiva se baseia o DS que fundamenta as bases da gestão da bacia hidrográfica, versando pela participação ativa das comunidades envolvidas no processo de gerir. (JACOBI, 2004).

Shacon (2013) aponta a participação popular nos comitês de bacias hidrográficas, cuja base fundamental é consolidar uma gestão sustentável, onde a participação dos usuários é oportuna na deliberações e autonomia sobre a definição de políticas, preços e prioridades na gestão de interesses e conflitantes da política de águas. Os comitês têm poder consultivo e deliberativo e é a instância mais importante de participação e integração do planejamento e das ações na área dos recursos hídricos. São diversos conflitos e alternativas mitigadoras das



bacias hidrográficas, onde os comitês devem atuar para o alcance da sustentabilidade, embora, nem sempre são efetivos, (SHACON, 2013).

Dessa forma, o planejamento urbano integrando o uso e ocupação do solo e recursos hídricos torna-se favorável à sustentabilidade da bacia hidrográfica, desde que, seja um elo entre a política, o social, a economia e a ecologia (SCHIAVETTI e CAMARGO, 2002). O planejamento deve ser desenvolvido e fortalecido com a participação do poder público, sociedade civil e dos usuários, assim, promovendo uma gestão participativa e compartilhada, cujo intuito seja compatibilizar o uso e a conservação do recurso natural (CARMO, 2013).

Sobre a definição de bacias hidrográficas Viessman, Harbaugh e Knapp (1972) *apud* Studart (2006) a define como uma área topograficamente demarcada, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água, dispondo de uma simples saída para que toda vazão efluente seja descarregada. Lima (2008); Carvalho e Silva (2006) definem a bacia hidrográfica como uma área de captação natural da água da chuva, na qual apresenta uma declividade por onde flui toda a água captada nesta área seguindo para o canal principal e seus tributários de modo que os canais que drenam a bacia sejam interligados, fluindo toda a vazão afluente para uma simples saída que a chamam de exutório.

Nesta mesma perspectiva, CRUCIANI, 1976 define a microbacia hidrográfica como área de formação natural, drenada por um curso d'água e seus tributários, a montante de uma seção transversal considerada, para onde afluente toda a água da área. Teodoro *et al.* (2007), fazem uma abordagem considerando os fatores que vão do físico ao ecológicos. Santana (2004) *apud* Teodoro *et al.* (2007) apontam que a sub-bacia pode ser considerada de acordo com o ponto de saída considerado ao longo do seu eixo-tronco ou canal coletor. Célio e Reis (2006) citam a microbacia como uma sub-bacia e que a mesma não tem uma área definida, podendo ser mais ou menos extensa. Todavia, podem ser adotados critérios como unidade de medida, hidrológicos e ecológicos (TEODORO *et al.*, 2007).

### **2.2.1 Gestão do uso do solo em bacia hidrográfica na perspectiva urbana**

A gestão do uso e ocupação do solo, habitação e urbanização, tem inúmeros fatores conflitantes (CARMO, 2013), conforme já mencionados, sendo as atividades humanas as mais acentuadas. Isso decorre das conturbadas degradações, pois a interação homem versus meio ambiente não ocorre numa via de mão dupla onde haja a equidade entre ambos. Prado,

Turetta e Andrade (2010), expõem que, reverter o quadro de degradação de extensas áreas, otimizar o uso do solo e da água, contribuir para a mitigação dos impactos ambientais de modo a promover a sustentabilidade nas dimensões ambiental, social e econômica para as gerações futuras, são desafios, diante o manejo e a conservação do solo e da água.

Ao longo da história, o solo tem sido um elemento bastante familiar ao homem, do qual ele sempre se utilizou para satisfazer suas necessidades básicas de locomoção, resguardo e alimentação (SANTANA, 2003). Cabe citar que o solo e a água são elementos suporte para os sistemas naturais, assim como os diversos usos necessários a subsistência humana.

Com o intuito de melhor desenvolver as cidades, a Lei de nº 6.766 de 1979 dispõe sobre o parcelamento do solo urbano surge com a finalidade de adequar as peculiaridades regionais e locais. Entretanto, Jacobi e Grandisoli (2017) apontam uma realidade contrária, onde o padrão de urbanização é um processo de expansão e ocupação dos espaços intraurbanos na maioria das vezes configura uma realidade caótica no que diz respeito a qualidade de vida, sendo marcada pelo crescimento da ilegalidade urbana que constitui e acentua os problemas socioambientais, tornando de modo geral, muito precária as condições de infraestrutura urbana.

Nessa perspectiva surge as legislações de uso e ocupação do solo, tem por finalidade, ser uma referência para os gestores locais no processo de tomada de decisão, de modo que as cidades se desenvolvam organizadamente, fortalecendo e potencializando as capacidades de cada região, possibilitando por sua vez, um crescimento homogêneo (OLIVEIRA, 2016).

As bacias, sub-bacias e /ou microbacias hidrográficas, estão mais susceptíveis a ação antrópica, principalmente nas áreas urbana, onde a degradação atinge diretamente os cursos d'água, comprometendo a qualidade de toda a área da bacia hidrográfica. Isso decorre da falta de sistema de tratamento de esgoto, agravada cada vez mais pela falta de drenagem, disposição inadequada de "lixo", assoreando os corpos d'água, degradando qualidade ambiental nestas áreas (KLING, 2005)

O processo de urbanização que avança rumo a áreas periféricas e está diretamente relacionado com o mau planejamento do uso e ocupação do solo. As ocupações irregulares em áreas de mananciais ou trechos ribeirinhos de drenagens, por sua vez, instáveis, apontam situações de vulnerabilidade a processos naturais, como exemplo, o transbordamento de rios e córregos (JACOBI e GRANDISOLI, 2017; SCHUSSEL e NASCIMENTO NETO 2015).

Os sistemas de drenagem desempenham grande importância para todo o sistema pluvial, e em contornos urbanos essa conotação torna-se mais significativa, culminando as funções múltiplas, a citar por exemplo, controle de enchentes e poluição, concepção de áreas de lazer, parque ecológicos, redução significativa dos riscos à saúde da população, além de enriquecer esteticamente os corpos aquáticos nas áreas urbanas.

O cenário exposto mostra a complexidade de gerir uma bacia hidrográfica quanto ao uso e ocupação do solo, considerando principalmente as áreas urbanas onde influencia direto na conservação e disposição dos recursos hídricos superficiais e/ou subterrâneos. Contudo, Jacobi e Grandisoli (2017) apontam diversos instrumentos identificadores das vulnerabilidades, tais eventos extremos nas bacias hidrográficas, como por exemplo, “a remoção da cobertura vegetal, exposição de solos, produção de sedimentos, diminuição de áreas de infiltração de chuvas, aumento do escoamento superficial de água e da temperatura urbana” (JACOBI e GRANDISOLI, 2017, p. 82).

## ***2.2 Base Legal***

A legislação ambiental brasileira objetiva atender o art. 225 da Constituição Federal de 88 – todos têm o direito a um ambiente harmônico e equilibrado. É com esse embasamento que a política urbana traz no seu contexto mais amplo a necessidade de se cumprir a função social das cidades – Estatuto das Cidades Lei 10.257 de 2001.

Nesta mesma vertente e com o intuito de fortalecer ainda mais o desenvolvimento da função social das cidades, assim como em todo o território brasileiro, que a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS – Lei 12.305 de 2010, a Política Nacional de Saneamento Básico – PNSB – Lei 11.445 de 2007 e a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH – Lei 9.433 de 1997, trazem dentre seus objetivos, instrumentos e fundamentações as diretrizes para uma gestão compartilhada e as devidas responsabilidades, além da necessidade de universalização dos serviços básicos essenciais a qualidade de vida e ao bem estar individual e coletivo.

O Decreto de nº 6.047 de 2007, institui a Política Nacional de Desenvolvimento Regional – PNDR, a qual tem como objetivo a redução das desigualdades de nível de vida entre as regiões brasileiras e a promoção da equidade no acesso a oportunidades de desenvolvimento.

Visto que as desigualdades são efetivas e que as regiões são heterogêneas que a PNRH dispõe sobre a definição de bacia hidrográfica, unidade territorial de planejamento, ideal para implementação da política de gerenciamento dos recursos hídricos e indiretamente dos recursos ambientais desse território, considerando assim, uma unidade de gestão estratégica (BRASIL, 1997).

Partindo deste ponto de vista, tem-se a sub-bacia hidrográfica como um recorte espacial dessa unidade de planejamento e sob o aspecto da gestão compartilhada, considerando todas as peculiaridades deste recorte espacial e também como um ecossistema essencial para a manutenção dos recursos naturais, é o ambiente ideal onde o planejamento e implementação das políticas públicas de melhorias devem ser fortalecidas, cuja finalidade é manter a qualidade de vida localmente nas esferas ambiental, social, econômica, cultural e política.

### ***2.3 Área de Preservação Permanente – APP: uma contribuinte na conservação de Bacias.***

A lei 9.985 de 2000 dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidade de Conservação – SNUC – e estabelece os critérios para a criação, implementação e gestão de Unidade de Conservação, sendo considerada como Unidade de Conservação (UC) como o espaço territorial com todos seus recursos naturais incluídos na sua jurisdição, cujas características são relevantes e instituído legalmente pelo poder público (BRASIL, 2000).

As UC estão distribuídas em duas categorias: Unidade de Conservação de Proteção Integral (UCPI) e de Uso Sustentável (UCUS). As UCPI permitem apenas o uso indireto dos recursos naturais; ou seja, aquele que não envolve consumo, coleta ou danos aos recursos naturais. Exemplos de atividades de uso indireto dos recursos naturais são: recreação em contato com a natureza, turismo ecológico, pesquisa científica, educação e interpretação ambiental, entre outras. Enquanto que as UCUS objetiva compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais (BRASIL, 2000).

Ambas categorias têm por objetivo a conservação dos recursos naturais e do ambiente como um todo, assim garantindo a preservação dos ecossistemas naturais e por vezes contribuindo para qualidade de vida da população nas vertentes da sustentabilidade ambiental, social e econômica

A lei 12.651 de 2012, o Novo Código Florestal Brasileiro, dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e para efeito desta lei, o art. 3º define as Áreas de Preservação Permanente

(APP) como áreas cobertas por vegetação nativa com função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, assim como a proteção do solo e assegurar o bem estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

As matas ciliares representam uma grande relevância na variação de solo, decorrente do equilíbrio existentes nestas áreas, constituindo diversos tipos de conformações florestais, essenciais à manutenção e preservação dos recursos naturais.

O Novo Código Florestal delimita as APP como em faixas marginais de qualquer curso d'água, com exceção dos rios efêmeros (LEI nº 12.727, de 2012), desde a borda do leito até a calha regular, apresentando em largura mínima para cada rio específico. Para as APP do entorno de lagos e lagoas naturais a lei define faixa mínima, com largura mínima de 100 metros (m) em zonas rurais, com exceção dos corpos hídricos com até 20 hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 m e em áreas urbanas será de 30 m.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – PDDU – do Município de Juazeiro do Norte, o art. 5º, dispõe sobre o parcelamento do solo para fins urbanos, que é baseado em zoneamento, compreendendo a divisão territorial conforme a compatibilidade da intensidade do uso do solo e crescimento urbano.

Assim, criou-se as Zonas Especiais (ZE) de acordo com o uso e ocupação do solo, sendo dentre elas, a ZE2 – Parque Natural Municipal das Timbaúbas – PNMT -, (PDDU, 2000), por sua vez, nesta UC insere-se, por lei, a APP da lagoa a qual se localiza dentro da UC segundo as conformidades e definições legais do Novo Código Florestal. Há ainda outra APP – APP do riacho das Timbaúbas –, instituída recentemente pela Resolução nº 02 de 2016 pelo Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente – COMDEMA.

A finalidade das áreas de preservação UC e/ou APP é garantir a proteção do meio ambiente e manutenção dos recursos hídricos e ambientais. Estas áreas estão inseridas às margens e/ou em percurso hídrico do rio Batateira (Salgadinho), riacho dos Macacos e Timbaúbas. Tucci e Mendes (2006) citam a necessidade de criação de UC nas bacias hidrográficas, uma vez que a falta destas áreas pode influenciar negativamente na qualidade da bacia.

As APP funcionam como reguladoras do escoamento superficial dificultando o carreamento de partículas, minerais, matéria orgânica, metais pesados, entre outros. Sua ausência desta promove a poluição do corpo receptor com material em suspensão, interfere no balanço hídrico, como por exemplo, o aumento na vazão média e redução da

evapotranspiração, contribuir para com o processo de erosão do solo e assoreamento por sedimentos, comprometendo a boa qualidade dos recursos naturais (ODUM, 1998; TUCCI e MENDES, 2006; COELHO, BUFFON e GUERRA, 2011; e JACOBI e GRANDISOLI, 2017).

#### **2.4 Aspectos Morfométricos de Bacias Hidrográficas**

A morfometria de bacias hidrográficas é bastante utilizada para análise ambiental. Salles *et al.* (2010), relatam que os estudos morfométricos por meio de geotecnologias de geoprocessamento vem possibilitando maior agilidade na geração das informações e análises dos dados, as quais são essenciais para as tomadas de decisões, principalmente na previsão de possíveis flagelos.

Segundo França *et al.*, (2013), cita a caracterização morfométrica como uma premissa a esboços alusivos à dinâmica ambiental, possibilitando o melhor gerenciamento e aproveitamento de seus recursos naturais.

A ordem dos cursos d'água, pode ser classificada como 1ª, 2ª ou 3ª ordem 4ª 5ª segundo (STRAHLER, 1952). Os coeficientes compacidade e de forma (Kc e Kf) estão relacionados com a forma da bacia hidrográfica (LIMA NETO, *et al.*, 2008), podendo ser esta, mais alongada ou mais oval.

Carvalho e Silva (2006) corroboram que os coeficientes de compacidade e conformação, traduzem as características relativas aos riscos de enchentes, ou não, o qual é definida pelo formato da bacia, Quadro 1.

Quadro 1 – Forma da bacia hidrográficas em relação aos coeficientes de compacidade e de conformação

| <b><i>Kc</i></b>          | <b><i>Kf</i></b> | <b>Características da bacia hidrográfica</b> |
|---------------------------|------------------|--|
| <b><i>1,00 – 1,25</i></b> | 1,00 – 0,75      | Alta propensão a grandes enchentes           |
| <b><i>1,25 – 1,50</i></b> | 0,75 – 0,50      | Tendências mediana de grandes enchentes      |
| <b><i>&gt; 1,50</i></b>   | < 0,50           | Não sujeita a grandes enchentes              |

Fonte: Carvalho e Silva (2006)

Studart (2006) cita que a conformação da bacia, afeta diretamente o tempo de transformação da precipitação em escoamento, quanto mais oval for a bacia, mais

rapidamente irá escoar atingindo o pico máximo em menor intervalo de tempo, assim diminuindo também o tempo de infiltração da água precipitada na sub-bacia, destarte, atua sobre o comportamento hidrológico.

Por outro lado, a declividade média, quando maior, possibilita o aumento da velocidade do escoamento por gravidade e menor tempo de concentração ( $t_c$ ) da bacia hidrográfica (PORTO, ZAHED e SILVA, 1999).

As características físicas de uma bacia constituem informações de suma relevância no processo de avaliação de seu comportamento hidrológico, uma vez que constitui relações e comparações entre características e dados hidrológicos conhecidos desta (Villela e Mattos, 1975). Assim, foram utilizados para a caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas: área e perímetro da sub-bacia, comprimento do canal de drenagem principal e secundário, ordem dos canais, declividade média, densidade de drenagem,  $K_c$ ,  $K_f$ , índice de circularidade (IC) e índice de sinuosidade (Is).

## ***2.5 Qualidade Ambiental***

As questões de cunho ambiental são tema de grandes discussões políticas e acadêmicas, elas têm uma relação direta com o modelo de desenvolvimento, avanços tecnológico, mundo industrializado e globalizado. Segundo Roggero e Luchiari (2011), estes fatores constituem um modelo de vida que tem contribuído significativamente para a degradação ambiental e, concomitantemente, tem cooperado para a ampliação das desigualdades de acesso a bens e serviços.

Christofidis (2010) alude que é em geral a população urbana de baixa renda que está mais exposta aos problemas gerados pela degradação ambiental, caracterizando-o como socioambiental. Nahas (2009) ressalta que este modelo de progresso foi fator contribuinte para as gigantescas concentrações urbanas e, por conseguinte, abissais níveis de poluição. Mazetto (2000) discute a relação do homem com a natureza sob a perspectiva de ser o homem o modificador/construtor do espaço, se relacionando com os aspectos de ordem social e física e atuando diretamente na qualidade de vida.

De acordo com os autores, o crescimento populacional e a urbanização desordenada é causa maior dos diversos problemas de ordem ambiental, social, econômica e política, impactando negativamente na qualidade de vida humana.

Nahas (2009) corrobora com o pensamento em que as preocupações com a poluição ambiental não deve está centrada apenas na alteração da paisagem por exemplo, mas também nos prejuízos acusados por essas modificações para quem vive neste ambiente. Assim, torna-se necessário um equilíbrio entre os aspectos paisagístico de vegetação e diversos tipos de uso e ocupação do solo (LIMA E AMORIM, 2006).

Minaki e Amorim (2014) traz o conceito de qualidade ambiental integrado a um conceito maior, definido como qualidade de vida. É perceptível, quão peculiar é conceito de qualidade ambiental e assim, tem sido discutido amplamente pelas ciências humanas-sociais-ambientais. Entanto, é complexo definir este conceito, uma vez que conglomeram uma gama de significados no sentido social, econômico, ambiental e político.

Sob este ponto, Tuan (1978) apontam que a vida é interligada de forma indiscutível ao “meio que a alimenta” nas formas físicas, químicas e biológicas, ao mesmo tempo em que as necessidades humanas também requerem a base suporte proveniente do ambiente humano e social para sobreviver (TUAN, 1978 *apud* MAZETTO, 2000).

Dias, Gomes e Alkmim (2011) colocam dentre as definições de qualidade ambiental a atenção dada à preservação dos aspectos naturais, a citam por exemplo, os recursos hídricos e uso do solo, sobretudo, ressaltam que é necessário contextualizar o cenário urbano, onde não se deve ignorar as necessidades da sociedade e as transformações que elas levam ao ambiente.

Nesta concepção, a qualidade ambiental deve ser estudada de forma a abraçar um conjunto de variáveis as quais possam inferir uma análise mais próxima da realidade. De fato, vem acontecendo mudanças de paradigma no sentido da sustentabilidade, desenvolvimento sustentável enquanto qualidade ambiental.

Observa-se, que nas metodologias aplicadas aos estudos de avaliação de qualidade ambiental, tem-se inserido a percepção da população acerca da mesma, surgindo, de tal modo, os indicadores sociais (GUIMARÃES, 2004). Estas percepções, enredam sob as condições saudáveis de habitação, em termos humanos, sociais, ecológico-ambientais, econômicos, dentre outros, os quais são obtidos em conjunto variáveis num determinado local (MINAKI e AMORIM, 2014).

Oliveira (1983) citado por Machado (1997) traz a constituição de parâmetros característicos do espaço urbano com o objetivo de reproduzir a qualidade ambiental

Sob esse ponto de vista, Roggero e Luchiari (2011) dizem que o pesquisador deve construir indicadores que possibilite analisar a qualidade ambiental com uma visão mais



ampla, onde os indicadores contemplem um conjunto de variáveis o qual subsidiará na análise da qualidade ambiental mais próxima da realidade.

A literatura sobre uso de indicadores é bastante peculiar e evidencia o alcance de um estudo que abrange uma temática maior. Para a qualidade ambiental é necessário formular instrumentos que expressem esta qualidade sob a perspectiva social, ambiental, econômica e política, ou conforme o objeto de estudo.

O aspecto político é parte essencial no desenvolvimento e implantação das políticas de melhorias da qualidade ambiental. Os Quadros 2 e 3 trazem um panorama de alguns conceitos e definições internacionais citados por Van Kamp, *et al.*, (2003) sobre a qualidade ambiental e qualidade de vida. Os autores compreendem a dificuldade em definir e diferenciar qualidade de vida e qualidade ambiental uma vez que há um elo entre ambos conceitos.

Quadro 2 – Conceitos e definições da qualidade ambiental

| <b>Autor</b>   | <b>Ano</b> | <b>Conceito / Definição – Qualidade Ambiental</b>  |
|--|------------|--|
| Lansing; Marans  | 1969       | "um ambiente de alta qualidade transmite uma sensação de bem-estar e satisfação à sua população através de características que podem ser físicas, sociais ou simbólicas"   |
| Porteous, J.D.   | 1971       | A qualidade ambiental é uma questão complexa que envolve percepções, atitudes e valores subjetivos que variam entre grupos e indivíduos  |
| Conselho de Gestão Ambiental e Conselho de Ordenamento de Território Holanda (RMB) | 1996       | A qualidade ambiental é a resultante da qualidade das partes de composição de uma dada região, mas ainda mais do que a soma de partes, é a percepção de um local como um todo. As partes de composição (natureza, espaço aberto, infraestrutura, ambiente construído, amenidades de ambiente físico e recursos naturais) cada um tem suas próprias características e qualidade parcial |
| Instituto Nacional de Saúde Pública e Ambiente (RIVM)                              | 2002       | A qualidade ambiental pode ser definida como uma parte essencial do conceito mais amplo de "qualidade da vida ", as qualidades básicas, como a saúde e a segurança em combinação com aspectos como conforto e atratividade Qualidade de Vida.  |

Fonte: Tabela extraída de Kamp, *et al.* (2003).

Quadro 3 – Conceitos e definições da qualidade de vida

| <b>Autor</b>   | <b>Ano</b> | <b>Conceito / Definição – Qualidade de Vida</b>  |
|--|------------|--|
| Szalai, A.   | 1980       | A qualidade de vida refere-se ao grau de excelência ou ao caráter satisfatório da vida. Estado existencial de uma pessoa, bem estar, a satisfação com a vida é determinada, por um lado, por fatos e fatores exógenos ("objetivos") de sua vida e, por outro lado, pela percepção e avaliação endógena ("subjéctiva") desses fatos e fatores, da vida e de si mesmo  |
| WHO-QOL Group - Marsella, A.J., Levi, L., Ekblad, S (Eds.).      | 1993       | Percepção de um indivíduo de sua posição na vida no contexto da cultura e dos sistemas de valores em que ele / ela vive e em relação aos seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações  |
| Cheung, C.   | 1997       | "a boa vida" é uma combinação de: a vida boa hedonista (satisfação de vida, efeito positivo/negativo, depressão) a vida dialéctica boa (preocupação interpessoal mútua, compreensão de outros) a vida humana humanista (a realização do potencial humano, a auto atualização do valor, a autonomia) a boa vida formalista (de acordo com o que é certo: conformidade com convenções morais, compromisso religioso) |
| Instituto Nacional de Saúde Pública e Ambiente da Holanda (RIVM) | 2000       | A qualidade de vida é o material factual e o equipamento imaterial da vida e sua percepção caracterizada pela saúde, ambiente de vida e legal e equidade, trabalho, família, etc.  |

Fonte: Tabela extraída de Kamp, *et al.* (2003).

Diante do contexto abordado pela literatura, entende-se Qualidade Ambiental como um estado de bem estar social, econômico, ecológico-ecossistêmico, político-institucional e cultural, de modo salutar a todas as pessoas que convivem num determinado espaço físico geográfico.

### 2.5.1 Indicadores de Sustentabilidade de Bacia Hidrográfica

O uso de indicadores é amplamente utilizado nas pesquisas, cujo objetivo é mensurar variáveis de modo que, um conjunto destas contemplem um indicador que posterior irá constituir o índice. Veiga (2010) afirma que a adoção de indicadores com vistas a mensurar a

sustentabilidade, tende a exercer pressão sobre governos e organizações, para aderirem padrões e objetivos de um desenvolvimento pautado na sustentabilidade.

Segundo o IBGE (2015),

“Os indicadores fornecem subsídios para o acompanhamento da sustentabilidade do padrão de desenvolvimento brasileiro nas dimensões ambiental, social, econômica e institucional, oferecendo um panorama abrangente de informações necessárias ao conhecimento da realidade do País, ao exercício da cidadania e ao planejamento e formulação de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável” (IBGE, 2015).

Bezerra (2015) salienta que os indicadores consistem em parâmetros selecionados que podem ser considerados de forma isolada ou combinados entre si, utilizado de forma prática na reflexão sobre determinados estudos de sistemas em análise. Dias, Gomes e Alkmim (2011) ressaltam que os indicadores apresentam significância sintética e são desenvolvidos para um propósito específico.

Para os indicadores de sustentabilidade de bacias hidrográficas, considerando-as como um sistema aberto e como uma unidade de estudo do território, integra-se as dimensões ambiental, social, econômica e político-institucional. No entanto é um desafio a criação de instrumentos de mensuração, os quais são ferramentas constituídas por uma ou mais variável que, associadas, revelam significados mais vastos sobre os elementos a que se busca analisar (IBGE, 2015).

No cenário de bacias hidrográficas, o índice de qualidade ambiental é um sistema de que mensura o nível de qualidade da mesma, através da qualidade da água do rio, por exemplo, visto como testemunha das condições ambientais de sua bacia e como depositário da degradação promovida pelas atividades humanas (BRAGA, *et al.* 2004).

O Índice de Qualidade da Água é a ponte para a qualidade dos sistemas ambientais, contudo, não se pode deixar a margem dessa qualidade outros impactos oriundos da atividade humana e intervenções diversas e urbanização (BARBOSA e BARBOSA, 1997; BRAGA *et al.* 2004; FONTANELLA, 2009; SILVEIRA, *et al.* 2014; SOUZA E GASTADINI, 2014; MAYNARD, CRUZ e GOMES, 2017).

## 2.5.2 Indicadores de Qualidade Ambiental

Ao se relacionar com a natureza, o homem transforma o meio ambiente, recriando-o. Assim, torna-se autor de inúmeros efeitos que podem ser positivos ou negativos. Os efeitos de ordem negativa precisam ser repensados, pois alteram a qualidade ambiental e de vida.

Maynard, Cruz e Gomes (2017) expressam que é necessária uma mudança no cenário para assim, poder garantir a manutenção, a qualidade e a quantidade dos recursos naturais, os quais são decisivas para a existência de vidas no planeta. Sob esta perspectiva, IBGE (2015) aponta indicadores relacionados a dimensão social interligando as variáveis população, trabalho, renda, saúde, educação, habitação e segurança. Para composição destas variáveis se analisa dentre os elementos, taxa de ocupação, renda per capita, doenças relacionadas a questões de saneamento, escolarização.

Lima (2014) inclui na dimensão social a participação pública, a adequação dos serviços de abastecimento de água e o indicador de bem-estar, utilizando o índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM).

Os indicadores socioambientais são aplicados numa gama de estudos acadêmicos com a finalidade de avaliar a qualidade ambiental. Estes indicadores versam sobre o desenvolvimento de atividades de origem antrópica, são verificadas pela avaliação das atividades humanas, sociais e econômicas, ou seja, as pressões exercidas sobre os recursos naturais (uso da terra, demografia, condições de vida, infraestrutura e serviços) (FONTANELLA, *et al.*, 2009). De tal modo, essas pressões se tornam indicadores utilizados para nortear as políticas públicas voltadas para a melhoria da qualidade de vida das pessoas residentes em uma dada região.

Consoante aos aspectos social e ambiental, sob o ponto de vista da conservação, por conseguinte a qualidade ambiental, Mota, 1999 *apud* Ugeda e Amorim (2009) citam que as características do meio tem sua importância ecológica, paisagística ou histórica-cultural, preservação e qualidade ambiental, capacidade de suporte de cargas poluidoras, infraestrutura sanitária, relações entre características ambientais e os aspectos sociais, econômicos, culturais e políticos, dentre outras (MOTA, 1999 *apud* UGEDA e AMORIM, 2009, p 15).

Ribeiro e Mendes (2015) utilizaram variáveis socioeconômica sob a óptica da infraestrutura como a densidade demográfica, regularidade da ocupação e ocupações em APP, existência de esgoto a céu aberto e lixo nos logradouros no entorno dos domicílios. Segundo a

CETESB (2016), os índices e indicadores ambientais surgem nesta perspectiva – crescimento populacional e preocupação com os aspectos ambientais – com um complexo de variáveis constituintes dos indicadores os quais compõem um índice que de forma sistemática e acessível, auxiliam no processo das tomadas de decisões.

IBGE (2015) elenca alguns indicadores considerados críticos no monitoramento da qualidade ambiental, dentre eles os referentes a dimensão ambiental – ar, terra, água, biodiversidade e saneamento. De acordo com Jacobi e Grandisoli (2017), os dados estatísticos da Agência Nacional de Águas, torna-se impossível avaliar a qualidade ambiental dissociada da dimensão econômica, social e política-institucional, visto que a água se relaciona de forma intrínseca as dimensões referidas a cima.

Outro critério relevante como qualidade ambiental, são as áreas livre, cuja função seja voltada para o lazer, estética, ecológica. No entanto, para o alcance destes espaços se faz necessário a inclusão da gestão político-institucional sob as áreas preservadas (UGEDA e AMORIM, 2009).

Contribuindo com o pensamento acima, Gergel *et al.*, 2002 cita a análise sob o aspecto de cobertura vegetal, uma vez que é possível mensurar o grau de degradação pela a atividade antrópica e também por meio da química da água, biota e variáveis hidrológicas.

“A ecologia da paisagem enfatiza a interação entre padrão espacial e processo ecológico e possui ferramentas conceituais e técnicas relevantes para o monitoramento de rios e suas bacias hidrográficas associadas. Métricas simples da paisagem descrevendo a quantidade de habitats alterados pelo homem podem ser indicadores úteis da química da água, variáveis bióticas e hidrológicas” (GERGEL *et al.* 2002, p. 119).

IBGE, (2015) avalia a dimensão institucional por meio de variáveis relacionadas as legislações ambientais, aos conselhos municipais de meio ambiente, aos comitês de bacias, organização da sociedade civil e por meio da capacidade institucional.

Borja (2004) cita que em detrimento a supressão da ignorância pelo progresso da educação, a pobreza seria diminuída e isso garantiria que o próprio indivíduo promovesse a prosperidade material e o aumento da produtividade. A autora enfatiza que os países ditos periféricos não seria a redução da pobreza uma questão de redistribuição de renda, mas sim, o

esforço individual, uma vez que a estes fossem dadas as devidas condições mínimas de educação e saúde.

Bandeira e Aquino (2010) em estudo de qualidade ambiental urbana utiliza-se de indicadores socioambientais a partir da análise da infraestrutura e dos serviços básicos oferecidos a população pelo município. Os indicadores são divididos em quatro temas que são saúde, segurança pública, educação e saneamento. Os autores relatam sobre as carências nesses setores e as maneiras de proporem ações que melhorem a qualidade ambiental urbana por meio dos indicadores.

Ugeda e Amorim (2009) corrobora expondo que a dimensão política-institucional talvez seja a mais complexa, pois a fiscalização que é responsabilidade da gestão pública, por vezes deve atender as necessidades da população e não aos interesses da gestão e ou de particulares. Dessa forma, tem-se muitas das vezes essa dimensão negligenciada, impactando na qualidade de vida urbana e ambiental. Lima (2014), insere como indicadores institucionais a participação pública e organização institucional.

São muitas as instituições nacionais e internacionais (IPEA, FCC, FGV, Ibict, Cepam, OCDE, OIT, OMS, UNESCO, Pnud, Pnuma, etc.) que disponibilizam dados e indicadores sobre diferentes temas como educação, cultura, segurança pública, população, meio ambiente, dentre outros, estes mesmo podem ser utilizados para diferentes tipos de diagnósticos de acordo com a conjuntura em questão, ou mesmo atuar como fonte metodológica para a elaboração de estudos semelhantes no âmbito nacional, regional ou local (BRASIL, 2011).

É notório quão vasto é o campo de estudo com uso dos indicadores de qualidade ambiental, assim como, dependendo do objetivo e método adotado para cada pesquisa, os indicadores permeiam pelas dimensões que constituem o tripé do DS (sociais, econômica ambiental) e, de modo contextualizado, versam pelas dimensões político-institucional e cultural. Dessa forma, variáveis, parâmetros, indicadores, dimensões, categorias de análise, são nomeados de acordo com o objeto de cada pesquisa. Assim, para esta pesquisa, foram utilizados os indicadores de qualidade ambiental, os quais foram mensurados e ponderados com base na importância de cada indicador para a composição do Índice de Qualidade Ambiental (IQAmbiental) da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas.

### 2.5.3 Indicadores de Qualidade Ambiental utilizados nesta pesquisa

✓ Indicador de água de abastecimento público – I<sub>AA</sub>: a água de abastecimento vista sob o aspecto sanitário e social visa, fundamentalmente, “controlar e prevenir doenças, implantar hábitos higiênicos na população, facilitar as práticas desportivas, propiciar conforto e bem-estar” (FNS, 1998). Segundo Philippi Jr e Malheiros (2005), consideram a água como um recurso natural finito, podendo representar um fator limitante para o desenvolvimento das cidades e de uma boa qualidade de vida da população. Dessa forma, se faz necessário um sistema de abastecimento de água, considerado aquele que fornece água com a qualidade e em quantidades compatíveis com os múltiplos usos da população (MENEZES, 2017).

Almeida (1999), utiliza o I<sub>AA</sub> com a finalidade de quantificar os domicílios atendidos pelos sistemas de abastecimento de água, oferta e a demanda, além de verificar quanto ao controle sanitário e inovações e/ou ampliações na elaboração de ações que reduzam as perdas. Esse indicador também tem sua importância sanitária e econômica. O primeiro, por ser uma água tratada, contribui para o controle e prevenção de doenças e cria hábitos higiênicos na população e econômica pelo fato de o abastecimento de água aumentar a vida produtiva dos indivíduos, facilita as instalações dos mais variados tipos de indústrias, por consequência possibilita o desenvolvimento das comunidades com qualidade de vida (BRASIL, 2014).

Ante o exposto, para esta pesquisa o indicador de água de abastecimento foi calculado por meio da razão: população atendida pelo serviço público de abastecimento de água e população total existente na área pesquisada.

Almeida (1999) calcula a cobertura do abastecimento público de água a partir da razão ( $ICA = (DUA / DUT) \times 100 (\%)$ ). O autor trabalha com 14 indicadores, e para o I<sub>AA</sub> estabelece valor máximo de 10% do total de indicadores. Silva (2016) em pesquisa da qualidade ambiental urbana, trabalha com oito categorias de análises e considera para o I<sub>AA</sub> (categoria de análise: saneamento) o consumo *per capita* superior a 110 l/hab./dia (padrão popular da Organizações das nações Unidas (ONU) e a razão entre o atendimento domiciliar pelo total de domicílios. Para o consumo *per capita*, a autora pondera o I<sub>AA</sub> de acordo com a porcentagem de atendimento (valores na média = 50 %; abaixo da média = 100%; e valores acima da média = 0 %), sendo o I<sub>AA</sub> de maior peso parcial (7,0) dentro dessa categoria. Borja (1997) na aplicação do índice de qualidade urbana, para a categoria saneamento, utiliza o abastecimento de água; cobertura e estado da rede e regularidade do serviço com os respectivos pesos: 2,5, 2,0, 2,0 e 2,0, perfazendo um valor 8,5 para a variável água.

Os autores utilizaram as informações cedidas pela empresa responsável pelo serviço de saneamento, além informações da prefeitura local.

✓ Indicador de esgotamento sanitário – I<sub>ES</sub>: de acordo com o Instituto Trata Brasil (2016), 51,92% da população brasileira tem acesso à rede de esgoto, o Ceará por sua vez, apresenta coleta e tratamento de esgoto de 25,76 % e 37,26 %, respectivamente. Enquanto isso Juazeiro do Norte tem 37 % de cobertura e 23,6 % apenas de tratamento. Em âmbito nacional, mais de 42% da população brasileira convive com uma situação insalubre devido à presença de esgotos a céu aberto (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2016)

Os esgotos também conhecidos como resíduos líquidos possuem, na sua composição, 99,9 % de água e apenas 0,1 % de partículas sólidas, as quais são capazes de poluir e/ou contaminar a água (VON SPERLING, 2006). Os esgotos domésticos possuem alta concentração de substâncias orgânicas resultantes de restos de comida, fezes, sabão e outros produtos. Estes compostos ao chegarem aos rios promovem a depleção do oxigênio dissolvido, causando muitas das vezes a eutrofização dos corpos aquáticos (SOUZA, 2010).

Sob o aspecto sanitário, o destino adequado dos dejetos humanos visa, fundamentalmente, ao controle e à prevenção de doenças a eles relacionadas. Neste sentido, apresenta uma importância sanitária, social e econômica. Do ponto de vista sanitário e social, tem-se a promoção do conforto e o atendimento ao senso estético, bem como limita o contato com vetores, e evita a poluição do solo e das águas. Enquanto importância econômica, impacta diretamente nos investimentos com a saúde, uma vez que diminui os casos de doenças infecciosas, assim, aumentando as potencialidades para o trabalho ativo por mais tempo, reduz os custos com o tratamento da água de abastecimento, pela precaução da poluição dos mananciais, dentre outros (FUNASA, 2006).

Para Kellner (2014), o objetivo fim de um Sistema de Esgotamento Sanitários é coletar o esgoto, afastá-lo, tratá-lo e devolvê-lo ao meio ambiente, atendendo as condições compatíveis com àquelas exigidas pelos padrões de emissão. Von Sperling (1996) cita como principais objetivos da construção de um sistema de esgotos sanitários, a coleta individual ou coletiva dos esgotos e o afastamento destes de forma rápida e segura, onde haja o tratamento e disposição ambientalmente adequado. Dessa forma, tem-se como benefícios principais a melhoria das condições sanitárias locais, conservação dos recursos naturais, redução de doenças e eliminação de focos de poluição e contaminação.



Diante o exposto, nesta pesquisa, O  $I_{ES}$  tem a função de quantificar os domicílios atendidos pela a rede de esgotos, sendo expresso pela razão entre os domicílios urbanos atendidos, pelos domicílios totais X 100. Este indicador é considerado de grande relevância para a composição do IQAmbiental, pois o mesmo influencia na harmonia dos sistemas ambientais como um todo, limitando ou favorecendo a qualidade ambiental.

Outros autores avaliaram outras variáveis na composição do  $I_{ES}$  a citar por exemplo, Dias, Gomes e Alkmim (2011) quantificam e classificam quanto ao modo e disposição ou afastamento dos esgotos. Os autores trabalham cinco indicadores na composição do índice de qualidade ambiental urbana com peso total do índice variando de 0 – 100, foi ponderado para o  $I_{ES}$  peso 35. Landim (2017) utiliza os indicadores taxa de poluição de água, taxa de acesso à rede coletora de esgoto, taxa de pobreza, taxa de adesão a rede e taxa de investimento público. A autora utilizou para cada indicador o mesmo peso (0,2) perfazendo um valor 10,0 para o índice de esgotamento sanitário.

✓ Indicador de limpeza –  $I_L$ : a disposição inadequada dos resíduos em e áreas não construídas, margens de corpos aquáticos e os chamados lixões são provedores dos mais variados danos ambientais, alterando negativamente a qualidade de vida da população. A exemplo disso, são as obstruções dos canais de drenagem, cooperando para as enchentes e/ou alagamentos de algumas áreas, é também local adequado para a proliferação de vetores patogênicos, dentre outros (DIAS, GOMES e ALKMIM, 2011).

Segundo Carvalho, Macedo e Ogura (2007), o lixo é qualquer resíduo oriundos das atividades humanas ou geradas pela natureza em aglomerações urbanas. Enquanto que a PNRS (Lei 12.305/2012) define como: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final, seja nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos deva se proceder de forma ambientalmente correta, atendendo os padrões e diretrizes dispostas para estes. Assim, pode se dizer que os resíduos sólidos é um nome genérico dado a matéria prima e objetos descartados.

Quanto ao descarte, as estatísticas apontam que em 2017 houve um montante de 71,6 milhões de toneladas, com um índice de cobertura de coleta de 91,2 % a nível nacional, isso significa que 6,9 milhões de resíduos produzidos não foram coletados, conseqüentemente, tiveram uma destinação inadequada. Quanto à disposição final para os resíduos sólidos urbanos (RSU) foram de 42,3 milhões de toneladas dispostos em aterro sanitário (59,1 % do

RSU coletado) ficando um total de 29 milhões de toneladas dispostas inadequadamente nos lixões ou em aterros sanitários (40,9 % do RSU coletado) por 3.352 municípios brasileiros (ABRELP, 2017).

Nesta pesquisa, utilizou-se na composição do  $I_L$  as variáveis de cobertura dos serviços de limpeza urbana e de coleta de “lixo” gerados nos domicílios, tratamento e disposição destes, existência da coleta seletiva e aspectos estéticos e ambientais. Sobre esta última, foram observados a presença de esgotos à céu aberto, animais soltos em vias públicas e disposição inadequada dos resíduos. Ponderou-se de acordo com a importância da variável na composição do indicador, considerando as informações cedidas pela empresa responsável pelo serviço de limpeza pública de peso maior (0,7) pelo fato deste ocorrer de forma institucional, e peso menor (0,3) para a variável relacionada ao aspecto estético ambiental pelo fato de ser observado de forma pontual.

O  $I_L$  se torna relevante pelo que representa na dimensão econômica, social e ambiental. Em sua grande maioria, estes podem ser reciclados e retornar a cadeia produtiva, quando dispostos adequadamente, representa salubridade do local, amenizando as enfermidades oriundas de vetores, insetos, roedores e animais domésticos como cães e gatos, por exemplo. Do contrário, é fator extremamente poluidor do solo, ar e corpos aquáticos superficiais e subterrâneos, portanto, o  $I_L$  é de extrema relevância na constituição do índice de qualidade ambiental para a área de estudo.

Oliveira (2014) determina que o Indicador de Resíduos Sólidos ( $I_{RS}$ ) pelo Coleta de Resíduos e pelo Serviço de Limpeza ( $\text{Resíduo Coletado Diretamente por Serviço de Limpeza} / \text{Resíduo Total}$ ) x 100%. Silva (2016) utiliza para este indicador a totalidade do atendimento dos domicílios pelo caminhão compactador utilizado para a coleta local, ponderando-o com peso igual a 4,5. A variável resíduos sólido é composta pela categoria de análise saneamento. Borja (2004) constitui a componente limpeza pública a partir dos indicadores: proporções de trechos coletados porta-a-porta (0,40), proporções de trechos com coleta regular de lixo (0,30) e proporções de trechos com pontos de lixo (0,30) e peso para a componente limpeza público 0,25.

✓ Indicador de drenagem urbana –  $I_{DU}$ : a drenagem urbana é um serviço básico de saneamento, segundo a PNSB. A responsabilidade desse serviço é da gestão pública, embora não se disponha de dados que possam apresentar dados sobre o atual cenário da drenagem

urbana da área de estudo. Entretanto, de forma concisa, lista-se alguns fatores que contribuem para a situação mais comum encontrada para os sistemas de drenagem urbana:

I) A remoção da vegetação que acelera os processos erosivos e assoreamento dos corpos d' água, por consequência reduz a capacidade de transporte dos deflúvios e ocasiona as inundações nos períodos chuvosos;

II) A impermeabilização do solo decorrente da urbanização, também contribui para as inundações no período chuvoso, uma vez que diminui a infiltração e aumento do escoamento superficial elevando as vazões de pico e sistema de drenagem geralmente não tem capacidade de escoar;

III) Assoreamento causado pela deposição de "lixo" nos canais de drenagem, falta de manutenção dos canais de drenagem; e

IV) Inexistência de um Plano de Drenagem que pode ser considerado como um fator limitador da ação pública municipal. Um plano poderia amenizar as fragilidades do sistema e promoveria medidas de manutenção e limpeza do sistema, evitando medidas paliativas localmente ineficientes (BORJA, 2004).

Kling (2005) cita que a maioria das cidades das bacias hidrográficas apresentam problemas com enchentes e impactam na rede de drenagem, as causas disso são basicamente as mesmas em todas as cidades, envolvendo principalmente a ocupação irregular de leitos naturais de inundação dos rios, muitos extremamente assoreados por sedimentos provenientes da erosão a montante e/ou com acúmulo de resíduos sólidos dispostos inadequadamente.

Souza, Moraes e Borja (2013) citam que o sistema de drenagem numa perspectiva moderna, deve ser visto como um dos componentes do espaço urbano, pois não há como dissociá-lo da infraestrutura das cidades. Contudo, a falta de investimentos em drenagem das águas pluviais, resultou no aumento das inundações nos centros urbanos de maneira dramática (ADASSA, 2016). Pesquisa realizada pelo Plano Nacional de Saneamento Básico de 2008 (IBGE, 2010) apontou que 39,5% dos municípios brasileiros tinham problemas de assoreamento, devido à manutenção ou dimensionamento inadequados da rede de drenagem, aos aspectos naturais e aos diferentes usos do solo urbano.

Nesse contexto, se faz necessário um adequado sistema de drenagem urbana, quer de águas superficiais ou subterrâneas. Assim, irá proporcionar uma série de benefícios, dentre eles, a redução de gastos com manutenção das vias públicas, valorização das propriedades existentes na área beneficiada, escoamento mais rápido das águas superficiais, redução dos

problemas do trânsito e da mobilidade urbana no período chuvoso, amenização das áreas alagadas, etc. (RIBEIRO e ROOKE, 2010).

A finalidade do  $I_{DU}$  é diagnosticar o estado do sistema quanto a sua existência e efetividade. Foi incorporado como um indicador de qualidade ambiental, visto que a falta ou ineficiência deste sistema causa inúmeros impactos de ordem social, econômica e ambiental, conforme já expressado. Então o indicador de drenagem urbana foi verificado por meio da ocorrência de enchente ou alagamento nas vias públicas, obstruções diversas nas galerias, tubulações, bocas de lobo, dentre outras estruturas que compõem o sistema, além de defeitos na pavimentação, como buracos oriundos da carência ou irregularidade do sistema de drenagem.

Para outros autores como DIAS (2003) o  $I_{DU}$  objetivou analisar os domicílios que não estão sujeitos a alagamentos cujas ruas são pavimentadas. Este componente foi calculado em função de duas variáveis: ocorrência de inundação ou alagamento nos domicílios e Pavimentação das ruas onde se situa o domicílio para ambas variáveis utilizou os indicadores: Domicílios sem ocorrência de inundações ou alagamentos (%) e Domicílios cujas ruas possuem pavimentação (%). Oliveira (2014) compôs o  $I_{DU}$  pelas notificações de problemas observados referentes à ineficiência do sistema de drenagem, que foram agrupados em seis categorias: Notificações relacionadas ao sistema de drenagem urbana; Notificações relacionadas à drenagem urbana Inundações de grande porte com necessidade de remoção de moradias; Inundações frequentes; Inundações anuais; Alagamentos; Existência de rede de drenagem com mau funcionamento; Inexistência de inundações ou alagamentos.

Dias (2003) e Oliveira (2014) adaptaram a metodologia desenvolvida pelo CONESAN implantando o  $I_{DU}$  no cálculo do ISA, seus pesos são respectivamente: 0,10 e 0,11.

✓ Indicador de área de preservação permanente –  $I_{APP}$ : Borja (1997) cita que a paisagem urbana se encontra descaracterizada e degradada no que tange aos aspectos qualitativos e à preservação das reservas ecológicas, haja vista a logística de desenvolvimento social e econômica das cidades. O primeiro representa a cidade dos excluídos, que não têm acesso a moradias e se assentam nas áreas de risco; econômica, os que se encontram à mercê dos interesses do capital imobiliário. Segundo Parfitt (2002), a urbanização quando ocorre sem o planejamento do uso e parcelamento do solo, desrespeita as condicionantes do meio físico, sendo um ponto de partida para os impactos ambientais negativos às cidades. Rizzo, Gallardo

e Moretto (2017) citam dentre os impactos decorrente do mau planejamento das cidades, as inundações, congestionamentos no trânsito e com isso aumento da poluição do ar.

Outro ponto relevante é o fato de grande parte do abastecimento de águas provir dos mananciais superficiais, havendo necessidade da preservação das APP. Estas têm por finalidade a preservação e conservação dos recursos naturais e garantia da qualidade destes. Além disso, Trombeta (2015) ressalva as APP como elementos essenciais para a manutenção e o equilíbrio hídrico sedimentológico da bacia hidrográfica, uma vez que contribui para melhoria da infiltração de água no solo, atenua o escoamento superficial e processos erosivo.

Sob a perspectiva do cenário apresentado sobre a importância das APP que foi inserido o  $I_{APP}$  no cálculo do  $IQAmbiental$  da área de estudo desta pesquisa, com peso igual a 0,75. Borja (1997) insere as áreas verdes e arborização das vias na categoria de análise da paisagem urbana e pondera ambos com peso igual a 4, sendo o peso para a categoria igual a 2,5.

✓ Indicador de pavimentação –  $I_P$ : a qualidade da pavimentação está vinculada a qualidade do sistema de drenagem urbana. A impermeabilização ocasionada pelas construções urbanas diminui a infiltração e aumenta o fluxo das águas causando diversos problemas que acarretarão na drenagem das águas, dentre eles, as poças d'água nas vias públicas, associado a má qualidade da pavimentação é causa de buracos nas vias públicas (ALMEIDA, 1999).

Segundo Abiko (2011), a pavimentação e a manutenção das vias públicas são de responsabilidade das Prefeituras, sendo o custo da manutenção pago por meio de taxas lançadas em conjunto com o IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano. Todavia em locais distantes dos centros das cidades, tende a configurar uma ausência desse serviço. Rabaioll e Mendvedovski (2012) citam que a inexistência de pavimentação das ruas mais afastadas do centro urbano é algo muito comum, embora seja essencial para o bom desenvolvimento das cidades. A ausência desse serviço urbano poderá desencadear outras precariedades, como a falta de segurança local, visto que as vias sem pavimentação vêm a ser menos movimentadas pelas pessoas de modo geral.

Nahas (2015) expõe que a pavimentação de qualidade permite o acesso ao transporte público, assim como o transporte que realiza a coleta de “lixo”, elevando o nível de qualidade ambiental local. Assim, o  $I_P$  se torna relevante na composição da qualidade ambiental, além de ter sua importância econômica, como por exemplo a valorização dos espaços e imóveis localizados nas áreas pavimentadas.

O I<sub>P</sub> foi analisado sob os aspectos da existência, qualidade e quantidade. A ponderação foi baseada pelo nível/qualidade para cada variável, variando de 0,0 (a inexistência da pavimentação) a 1,0 (existência com qualidade e abrangência total da área observada). Guimarães (2004), analisa a pavimentação como uma variável constituinte do indicador de transporte, avalia o tipo de pavimentação e condições de conservação das ruas sob o ponto de vista de quem mora no local. Para o indicador de transporte a autora pondera com peso igual a 5. Borja (1997) analisa a pavimentação das vias sob a ótica do tipo de pavimentação (% das vias com asfalto, paralelepípedo, placa de concreto, bloquetes e argamassa armada) peso 4,0 e estado da qualidade (bom a ótimo), peso 4,5. Este é um indicador constituinte da categoria infraestrutura, a qual tem peso 3. Este indicador foi citado pela rede de especialistas 23 vezes, demonstrando sua importância na composição da qualidade ambiental urbana.

✓ Indicador de qualidade dos recursos hídricos superficiais – I<sub>RH</sub>: os recursos hídricos são pauta de discussão nos diversos âmbitos da academia, da política em geral e no setor econômico e social. Dentre as questões ambientais, este bem natural é o mais discutido nas últimas décadas, uma vez que se acredita na sua escassez, havendo uma urgente necessidade de mudança de hábitos para a preservação e conservação e garantia com qualidade das águas, indispensáveis para sustentabilidade de todas as formas de vida na terra. (MAYNARD, 2014).

A PNRH considera os recursos hídricos como um bem público, de valor econômico, cujo uso deve ser cobrado, observados os aspectos de quantidade, qualidade e as peculiaridades das bacias hidrográficas (BRASIL, 1997). O Brasil é a segunda maior potência em recursos hídricos (MARTINS, 2002), contudo, ainda se tem situações de emergência quanto à distribuição de água no país, havendo regiões extremamente carentes desse recurso natural. Nesse sentido, a realidade é bastante preocupante em todos os países. No Plano internacional, estimativa do *International Food Policy Research Institute* (IFPRI) aponta que 4,8 bilhões de pessoas estarão afetadas pela escassez hídrica em 2050, considera-se que este seja um dos principais desafios da humanidade (BRASIL, 2016).

O Brasil, mesmo se mostrando favorável na aquisição dos recursos hídricos, segundo o relatório Seminário Objetivo de Desenvolvimento Sustentável ocorrido em 2018, apontou que entre os meses de janeiro a julho de 2017 mais de 2.000 municípios assinalavam situação de emergência de escassez hídrica (BRASIL, 2018). Outro agravante é a falta de saneamento básico, especialmente a inexistência de esgotamento sanitário, contribuindo com uma carga poluidora oriunda do efluente gerado pela população que são lançados nos sistemas de

drenagem seja artificial ou natural, acarretando na má qualidade dos recursos hídricos (BORJA,1997).

É necessário preservar os recursos hídricos e o uso do solo de forma integrada às necessidades do cenário urbano e os múltiplos usos pela população. Por outro lado, não se pode enganar quanto o comprometimento da qualidade das águas, principalmente nas áreas urbanas, tendo em vista uma precariedade dos serviços de infraestrutura urbana, além de uma cultura arcaica da população de des zelo com o meio ambiente, a prática de despejar seus resíduos produzidos (sólidos e líquidos) inadequadamente. (KLIN, 2005; DIAS, GOMES e ALKMIM, 2011; MAYNARD, 2014).

Ante o exposto, percebe-se a importância dos recursos hídricos e a necessidade de avaliar a qualidade deste recurso natural. Nesta pesquisa foi aplicada a metodologia do IQA físico-químico (IQA-FQ) de acordo com a metodologia utilizada pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), que utiliza uma versão do IQA adaptada da versão original do *National Sanitation Foundation*. O peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida. A equação utilizada para obtenção do IQA Cetesb (2005), está disposta na sequência, Equação 1.

$$IQ_{\text{Agua}} = \sum_{i=1}^n q_i^{w_i} \times P_i \quad \text{Equação 1}$$

Onde:  $q_i$  - qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro (um número entre 0 e 100);  $w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro (número entre 0 e 1);  $n$  = número de variáveis que entram no cálculo do IQA; e  $P_i$  = Peso do indicador. A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que são indicadas pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na Tabela 1, com a classificação segundo a Cetesb para os valores do IQA.

Tabela 1 – Classificação dos valores do IQA nos estados brasileiros.

| <i>Categoria</i> | <i>Ponderação</i>          |
|------------------|----------------------------|
| <i>Ótima</i>     | $79 < \text{IQA} \leq 100$ |
| <i>Boa</i>       | $51 < \text{IQA} \leq 79$  |
| <i>Regular</i>   | $36 < \text{IQA} \leq 51$  |
| <i>Ruim</i>      | $19 < \text{IQA} \leq 36$  |
| <i>Péssima</i>   | $\text{IQA} \leq 19$       |

Fonte: CETESB (2005).

Silveira, *et al.* (2014) adota os parâmetros utilizados pela CETESB, 2004 para realizar a avaliação de vulnerabilidade da bacia hidrográfica de estudo sob o aspecto de qualidade da água e uso do solo e área de vegetação, os autores relatam que a integração das diversas informações referentes aos recursos hídricos, uso do solo e IQA, o possibilitou avaliar o potencial de fragilidade e vulnerabilidade da bacia, apontando as áreas que estão mais fragilizadas e/ou mais vulneráveis. Maynard (2014) utiliza a matriz conceitual pressão, estado e resposta (PER) como metodologia para a composição do índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica. A autora utiliza na composição do indicador hidrológico na dimensão pressão: o IQA relativo aos anos 2009 e 2010, segundo a mesma metodologia (*National Sanitation Foundation*), e variação da disponibilidade de água *per capita* (m<sup>3</sup>/hab/ano); na dimensão estado: a disponibilidade de água per capita anual e a média anual do IQA; e na dimensão resposta: a evolução da eficiência do uso da água e evolução no tratamento de esgoto na dimensão resposta. Todos os indicadores têm peso de acordo com a faixa de qualidade que se encontram variando de 0,0 – 100, resultando na média aritmética, segundo a metodologia utilizada por Chaves e Alipaz (2007).

✓ Indicador de área de lazer – I<sub>AL</sub>: o lazer, a cultura e a recreação têm sido avaliados como essenciais para a harmonia dos indivíduos, tornando-se necessário a existência de espaços com infraestrutura e instalações adequadas para a prática de atividades físicas, encontros entre famílias, amigos e comunidades. Estes espaços podem ser do tipo praças, bosques, parques, calçadões, dentre outros, desde que sejam destinados ao lazer e disponha da devida infraestrutura (ABIKO, 2011). Segundo Silva, *et al.* (2016), consideram os espaços de lazer um importante componente socioambiental o qual contribui significativamente para a melhoria da qualidade de vida das pessoas. Rabaiolli e Menvedovski (2012), destacam que os



espaços de lazer como elemento essencial nas cidades, quando esses dispõem de boas infraestruturas e iluminação, promovem por si só a presença de pessoas, por vezes amenizando a criminalidade local.

Considerando como um elemento importante na constituição da qualidade ambiental, o  $I_{AL}$  foi utilizado nesta pesquisa para a composição do IQAmbiental. Este foi observado de acordo com a existência de praças, sob o aspecto da infraestrutura adequada e da iluminação e segurança pública local, com os referentes pesos para as variáveis 1,0 para melhor situação e peso 0,0 para a inexistência. Almeida (1999) utiliza espaço de lazer como uma variável componente do indicador de espaço público, a mesma composta pela razão entre a área total apta para serem utilizadas como espaço de lazer e recreação e moradores local, considerando como espaço apto ao lazer e recreação as áreas remanescentes e vias de circulação isentas de circulação de veículos ( $m^2/hab$ ). Para o indicador de espaço público o autor ponderou-o pontuando 100 para o melhor e 0,0 para o menor espaço público em ( $m^2/hab$ ).

Indicador de mobilidade urbana –  $I_{MU}$ : A Política de Mobilidade Urbana – PMU Lei 12.587 de 2012, traz dentre suas prioridades que os municípios com população superior a 20 mil habitantes criem a Política Mobilidade Urbana Municipal e a execute, pois este é um serviço que proporciona a integração entre os diversos espaços urbanos e garante a sustentabilidade e desenvolvimento econômico, além de proporcionar uma melhor qualidade de vida local. Este indicador torna-se relevante na composição do IQAmbiental pela capacidade de integrar os espaços urbanos e oportunizar o desenvolvimento local. No entanto, Ribeiro e Mendes (2015) citam que a mobilidade urbana é um sistema saturado para a maioria das cidades. Segundo Costa (2008), o sistema de mobilidade das cidades tem causado impactos na qualidade de vida da população. Isso é decorrente da dependência extrema de um sistema motorizado, que é precário por falta de políticas públicas e planejamento de mobilidade urbana. Juazeiro do Norte, alvo de uma expansão urbana rápida nos últimos anos, tem seus bairros periféricos deficientes da infraestrutura e serviços públicos essenciais, figurando dentre eles, a carência do transporte coletivo de qualidade (BEZERRA, 2015).

Silva, Souza e Mendes (2005) citam que a mobilidade sustentável pode promover a redução do transporte privado, associado ao uso das vias públicas de qualidade de modo que seja facilitado o acesso à população. Segundo os autores essa sustentabilidade pode ser alcançada com inserção de alternativas como caminhadas de bicicletas e uso do transporte coletivo, assim, reduzindo os gastos com energia e emissão de gases para a atmosfera.

Diante da conjuntura exposta sobre a mobilidade urbana, Costa (2008) cita que esses indicadores constituem uma importante ferramenta, a qual permite analisar a estrutura das cidades, identificar oportunidades e deficiências e acompanhar a implementação e impactos das estratégias visando a mobilidade sustentável. Dessa forma, a autora desenvolve o índice de mobilidade urbana sustentável (IMUS), por meio do método da hierarquia de 9 domínios o qual foi separado por dimensões (economia, social e ambiental), com 38 temas e 87 indicadores. O conjunto de informações são coletadas, e em um segundo momento cruzados de modo que se tenham os indicadores de maior relevância por tema. Os pesos e mensuração para os temas e dimensões variam de 0,00 – 1,00, enquanto que os pesos para os domínios foram obtidos através da razão entre a média aritmética do peso de seus respectivos temas e o somatório das médias obtidas para o conjunto de Domínios. Dentre os indicadores pode-se elencar alguns deles como: acessibilidade ao transporte público e para pessoas com deficiência, vias pavimentadas, sinalização viária, frequência do atendimento do transporte público, pontualidade e política de mobilidade urbana, com os respectivos pesos 0,33, 0,33, 0,25, 0,25, 0,13, 0,13 e 1,00. Este índice foi desenvolvido com abordagem em 11 estados brasileiros.

O IMU utilizado nesta pesquisa tem como variáveis constituintes transporte coletivo (ônibus), tempo de espera, acessibilidade para cadeirantes, infraestrutura dos terminais e do entorno, iluminação e segurança local. Estas variáveis foram consideradas relevantes na composição do IQAmbiental, considerando o objetivo desta pesquisa, assim como as especificidades da área de estudo e literatura estudada.

Indicador de educação pública municipal – IEPM: A educação é a nova moeda econômica, antes não havia tão grande importância na qualidade de vida que hoje representa. No entanto, na conjuntura atual é essencial para o sucesso individual e coletivo das pessoas e quanto mais se desenvolve intelectualmente, melhor será a qualidade de vida, demonstrando o impacto que a educação importa em todas as dimensões, no respeito mútuo e recíproco com as diversas situações, sejam de ordem ambiental, social, econômica ou cultural, culminando no bem-estar e qualidade de vida das pessoas. Assim, a educação tornar-se um indicador de extrema relevância, podendo se comparar aos indicadores de emprego e renda (JAVED, JAVED E KHAN, 20016).

Nas economias baseadas no conhecimento, a educação sustenta o crescimento econômico, pois é o principal impulsionador da inovação tecnológica e da alta produtividade.

Além disso, como meio de transmitir conhecimento através das gerações, a educação é a base da civilização humana e tem um grande impacto na qualidade de vida dos indivíduos (BORJA, 2004). A falta de habilidades e competências limita o acesso ao mercado de trabalho e a prosperidade econômica, aumenta o risco de exclusão social e pobreza, e pode impedir uma participação plena nos assuntos cívicos e políticos. A educação aumenta a compreensão das pessoas sobre o mundo em que vivem e, portanto, a percepção de sua capacidade de influenciá-lo (POZO, 2013).

O PNUD (2014) aponta que a vulnerabilidade social, cultural e econômica, é reflexo das ameaças às escolhas, pois o indivíduo quando dispõe de opções limitadas de escolhas, inclusive a opção de obtenção da educação, torna-se menos qualificado e, por conseguinte mais vulnerável às ameaças externas.

Ante a importância que representa a educação, nesta pesquisa foi abordado o I<sub>EPM</sub> sob o ponto de vista da legislação quanto ao número de aluno por turma, atendimento educacional especializado e oferta de lanche, associada à infraestrutura da escola e entorno da mesma.

Alves, Denardin e Silva (2011) utilizam como indicador de sustentabilidade a educação, segundo uma abordagem proposta por E. Leff o qual vê a necessidade de se repensar o conhecimento, o saber, a educação, a capacidade e a informação da cidadania. Nahas (2005) traz o enfoque educação como Indicador de Qualidade de Vida Urbana sob a abrangência dos equipamentos e da qualidade do ensino. Aborda para estes a Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio, com enfoque no Índice de Vulnerabilidade Social. A autora toma como referência o índice de escolaridade no ensino infantil, fundamental, médio e superior. Morato *et al.*, 2006 citado por Bandeira e Aquino (2010) diz que a educação está ligada ao acesso à informação e formação, à possibilidade de aquisição de conhecimento de diversas naturezas.

As legislações (Projeto de Lei nº 228 de 2014; Projeto de Lei de Nº 597-B de 2007; Lei de Diretrizes e Bases da Educação Lei de Nº 9.394 de 1996; Constituição Federal de 1988, art. 206) que amparam a qualidade na educação, traz as diretrizes que norteiam as condições de uma boa educação, dentre elas está número de alunos por turma, oferta de lanche e transporte escolar, atendimento educacional especializado, educador escolar, além das questões de infraestrutura das unidades educacionais, sendo essenciais à presença efetiva desses elementos ao bom desempenho das atividades escolares.

Indicador de saúde pública municipal –  $I_{SaP}$ : a Organização Mundial de Saúde (OMS) define saúde como “um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não somente ausência de afecções e enfermidades”. A ONU, reforça este conceito quando aponta quatro condições mínimas para a efetiva saúde pública que são: disponibilidade financeira, acessibilidade, aceitabilidade e qualidade do serviço de saúde pública (MARQUES, *et al.*, 2016). Borja (2004) traz um conceito de saúde pública integrada ao saneamento ambiental, indo além do abastecimento de água e esgotamento sanitário, a autora relaciona as questões de saúde pública com o nível de ruídos e poluição do ar. Nesta vertente, Cvjetanovic (1986) relaciona a melhoria no abastecimento de água e esgotamento sanitário como efeitos diretos na saúde impedindo a propagação de doenças transmitidas pela água, melhorando o estado nutricional e diminuindo os riscos de doenças pela falta de higiene coletiva e pessoal.

Portanto, a saúde pública se relaciona a uma gama de fatores segundo seu próprio conceito de bem-estar, permeia pela salubridade e saneamento ambiental, infraestrutura, serviços básicos de atendimento à população como saúde, educação e mobilidade e renda (IBGE, 2015).

Neste cenário, a Portaria 2.488 de 2011 aprova a Política Nacional de Atenção Básica e traz diretrizes e normas da Atenção Básica, estratégias de atuação da Saúde da Família (ABSF) e o Programa Agentes Comunitários de Saúde (ACS), cuja finalidade é garantir o acesso aos serviços de saúde com maior qualidade. Igualmente a Organização Pan-Americana de Saúde - OPAS (2008) ressalta sobre os serviços de infraestrutura urbana considerando o abastecimento público de água, esgotamento sanitário e serviços de coleta de lixo e ainda a razão entre a população residente atendida com os serviços de saúde e população residente total vezes 100.

Para o cálculo do  $I_{SaP}$ , foram considerados a equipe de saúde da família versus a demanda populacional, atendimento pelos profissionais, incidência de doenças compulsórias, infraestrutura e funcionamento dos postos de saúde da família (PSF) e infraestrutura do entrono. As doenças estão associadas muitas vezes a ausência do saneamento básico. Pinto (2014) e Almeida (1999) utiliza o indicador de saúde pública como constituinte da componente de indicador socioeconômico e utiliza para verificar quanto aos serviços de saneamento inadequados, avaliados através do indicador de mortalidade infantil ligada a doenças de veiculação hídrica e mortalidade infantil e em idosos causada por doenças respiratórias, ponderando-os respectivamente 0,7 e 0,3. O ministério da saúde juntamente a

secretária de vigilância sanitária utilizam como categoria Saúde Ambiental e a temática saúde é avaliada a partir dos indicadores: mortalidade infantil e incidência de dengue. Na pesquisa de Souza (2010) o  $I_{SaP}$  é calculado a partir da média aritmética de três indicadores de 2ª ordem: saúde pública, renda familiar e educação, cuja fórmula é:  $I_{se} = I_{sp} + I_{rf} + I_{ed}$ . O autor trabalha esse indicador como sub-indicador, constituinte do Indicador Socioeconômico ( $I_{SE}$ ). Dias (2003) trabalha na condição social a componente saúde ambiental que foi composta pelos indicadores: domicílios sem resíduos nas suas proximidades (distância  $\leq 10$  m (%)) e domicílios que não apresentam aumento de vetores (%). Ponderando o componente com peso 0,10.

Indicador de segurança pública –  $I_{SeP}$ : os desafios no campo da segurança pública no Brasil são enormes, contudo existem alternativas para se mitigar esta realidade, uma vez que políticas públicas sejam implantadas. De tal modo, parte do princípio, do poder público, o comprometimento com o setor.

O cenário de violência é crescente no país, sendo necessário o planejamento e políticas focalizadas localmente como alternativas mitigadoras da violência, assim é possível mudar a realidade das comunidades e bairros mais atingidos com a criminalidade, uma vez que esta não ocorre de forma homogênea (IPEA, 2018). É um desafio a elaboração e avaliação de políticas voltadas para o setor de segurança pública, a construção de indicadores de criminalidade efetivos a possibilidade de identificação dos aspectos envolvendo a segurança pública e gestão de políticas públicas (DUFLOTH e SILVA, 2008).

Lira (2009) estuda o índice de violência criminalizada a partir da espacialização do território com dados secundários de instituições como o sistema de informação sobre mortalidade, DATASUS, comando de polícia, centro integrado de operação de defesa social, entre outros. O autor utiliza na composição do IVC os seguintes indicadores: crimes letais e não letais contra a pessoa, crime grave contra o costume, crime de roubos, e de furtos, crimes de armas e munição, crime de tráfico de tóxicos, crime de posse e uso de tóxicos e crime de embriaguez. Foi processado os dados por meio da técnica de geoprocessamento gerando cartas temáticas com os respectivos índices de violência por bairros da área estudada.

Para esta pesquisa utilizou o  $I_{SeP}$  a partir dos dados secundários obtidos pela Coordenadoria integrada de operações de segurança do Ceará - Ciops, sede em Juazeiro do Norte. O indicador foi composto pelos seguintes índices: crimes sexuais, crimes de roubos e crimes violentos letais intencionais.

✓ Indicador de iluminação pública – I<sub>IP</sub>: a iluminação pública contribui para a segurança pública, principalmente no período noturno, quando é mais frequente os ataques criminosos. Quando se tem vias bem iluminadas é mais comum a circulação de pessoas e essa frequência de pessoas limita as possibilidades dos inúmeros delitos que por si só promovem maior segurança nestas vias (BONDARUK, 2014).

Almeida (1999) aplicou o Índice de Salubridade Ambiental para a Favela em área de Proteção Ambiental usando 14 indicadores dos quais representam condições do local, dentre eles a iluminação pública do sistema viário de moradias, sendo este serviço essencial a circulação das pessoas na área, além de mitigar a criminalidade da área. Santos, Borges e Boaventura (2015) utilizam o indicador de iluminação pública como constituinte da dimensão infraestrutura urbana para a composição do índice de bem estar urbano, considerando como serviços urbano coletivos. Menezes (2017) trabalha o sub-indicador de Iluminação Pública, cuja variáveis constituintes deste foram: iluminação de vias e logradouros, na composição do Indicador de Serviços Públicos na construção do Índice de Salubridade Ambiental.

Nesta pesquisa, o I<sub>IP</sub> foi constituído das variáveis: iluminação nas vias públicas, praças e terminais de ônibus, onde se ponderou-o de acordo com a cobertura sendo a bom a melhor situação e ruim a pior. Menezes (2017) trabalha com o I<sub>IP</sub> na composição do indicador de serviços públicos, tendo como variáveis constituintes desse a iluminação das vias públicas e logradouros, pesos foram ponderados de acordo com o grau de satisfação (ótimo: 0,5; regular: 0,25; e ruim: 0,0).

É importante citar que, os pesos selecionados para cada indicador tiveram como base, o levantamento bibliográfico realizado nos estudos que abordam a temática e faz uso de indicadores de qualidade ambiental, disposto no Quadro A do Apêndice I.

## ***2.6 Metodologia de Avaliação da Qualidade Ambiental aplicando Indicadores***

A metodologia com uso de indicadores de qualidade objetiva verificar a dinâmica ambiental e auxiliar no processo de planejamento e gestão ambiental (GARCIA, 2001 *apud* SILVA, 2014). Assim, a aplicação de um indicador exige uma boa estruturação, ponderação conforme o objetivo da pesquisa em consonância ao objeto pesquisado. Para isso, usa-se metodologias de forma adaptada, onde o índice-síntese represente com a máxima fidedignidade a pesquisa.

Braga *et al.*, (2004) contribui com este pensamento quando cita que a qualidade ambiental urbana pode ser verificada por meio de variáveis, como por exemplo, o sistema de abastecimento de água e de coleta de esgoto, as diferenças de renda dos moradores, condições sanitárias, dentre outras.

Sabe-se que a seleção das variáveis, índices parciais e indicadores é de grande importância, haja vista, agregadas mensuradas e ponderadas são transformadas numa informação a qual pode estimar o nível da qualidade ambiental.

Dentre as metodologias com uso de indicadores da qualidade ambiental, pode-se destacar:

- ✓ Matrizes de Impacto Ambiental de Leopoldo, a qual realiza por meio de Estudos Ambientais dos mais variados tipos, assim preenchendo uma matriz inferindo sobre o tipo, grau, caráter, duração, dinâmica e reversibilidade do impacto, (SÁNCHEZ, 2013). Vale ressaltar que esta matriz é adaptada a uma gama de tipos de estudo de impactos ambientais.
- ✓ Método de Battelle Columbus, um sistema de Avaliação de Impacto Ambiental, voltados a princípio para a Avaliação de Impacto relacionado a projetos de Recursos Hídricos, porém, modificado de acordo com as diversas abordagens, de modo que, aplica-se um índice expresso em Unidade de Impacto Ambiental usando diversos variáveis e parâmetros, assim categorizados em aspectos Ecológico, de Poluição Ambiental, Estéticos e de Interesse Humano (KLING, 2005).

A metodologia de Battelle-Columbus utiliza-se de parâmetros que permitem a avaliação sistemática dos impactos ambientais de uma área. Os indicadores quando homogêneos são transformados em um índice específico que é expresso como Unidade de Impacto Ambiental (UIA's). Este índice foi desenvolvido nos Laboratórios Battelle-Columbus encomendados pelo *Bureau of Reclamation* e focada no planejamento dos recursos hídricos (DEE, *et al.*, 1972). A base deste sistema é a definição de uma lista de indicadores de impacto com 78 parâmetros ambientais, conforme podem ser observados no Quadro B (Anexo I) referente aos parâmetros utilizados na metodologia de Battelle-Columbus.

A avaliação de impacto inclui a consideração da importância de cada variável afetada e os prováveis impactos absolutos ou relativos das alternativas em cada variável. A ponderação envolve a atribuição de importância das variáveis impactadas, e o escalonamento inclui as abordagens usadas para os impactos absolutos ou relativos das alternativas.

- ✓ O marco conceitual Pressão-estado-Resposta, o qual foi criado pelo Statistics Canada em 1979, este modelo, objetiva a obtenção de informações relacionadas ao meio ambiente, porém, foi adaptado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE em 1991, criando por sua vez um sistema analítico PSR em 1993, assim definindo um conjunto de indicadores ambientais (GIOVANNINI e LINSTER, 2004) (Figura A Anexo I)
- ✓ Rocha, Rego e Santos (2010) constroem um índice integrado de qualidade ambiental aplicado a gestão de bacias hidrográficas, a partir dos indicadores de abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos, assim constituindo o Índice de Salubridade Ambiental.
- ✓ Borja (1997) expõe a dificuldade de um arcabouço teórico que defina metodológica integradora da relação homem-natureza, porém vê como melhor alternativa a perspectiva transdisciplinar. A autora se refere a complexidade dessa relação e por isso necessita de uma unidade que caracterize e mensure o meio físico, biológico e social de forma integrada. Em pesquisa realizada sobre o Índice de Qualidade Ambiental Urbana –IQUA – em Salvador (BA), a autora utilizou-se de várias metodologias para coletar os dados os quais integrava o meio biótico, a economia, a esfera social, geologia e geografia local, engenharia urbana, administração pública, a história e arquitetura. A partir de uma visão holística sobre cada aspecto e obtenção de dados primários e secundários, compôs o IQUA.

As categorias de análises utilizadas por Borja (1997) no Índice de Qualidade Ambiental Urbana podem ser observadas no Quadro A (Anexo I).

### **3 TIPO DA PESQUISA**

O presente estudo se constitui em uma pesquisa exploratória, aplicada, de natureza observacional, com abordagem quantitativa – analítica, utilizando procedimentos técnicos de pesquisa bibliográfica, documental, laboratorial e de campo.

Segundo (SILVA e MENEZES, 2001), a pesquisa aplicada objetiva produzir conhecimentos cuja prática seja direcionada a soluções de problemas. De tal modo, esta pesquisa constitui um conjunto de indicadores que podem ser utilizados como subsídio para o



desenvolvimento de políticas públicas de gestão da área pesquisada, além de ser útil a outras pesquisas.

A natureza observacional se apropria de registros sistemático que se relaciona com as proposições objeto da pesquisa onde se registra os detalhes das facetas comportamentais do momento produzidas por uma linguagem não verbal (LAKARTOS e MARCONI, 2003). Assim se utilizou de visita de campo para coleta dos dados constituintes dos indicadores, por meio de preenchimento de formulário direcionado ao foco da pesquisa e registro fotográfico local.

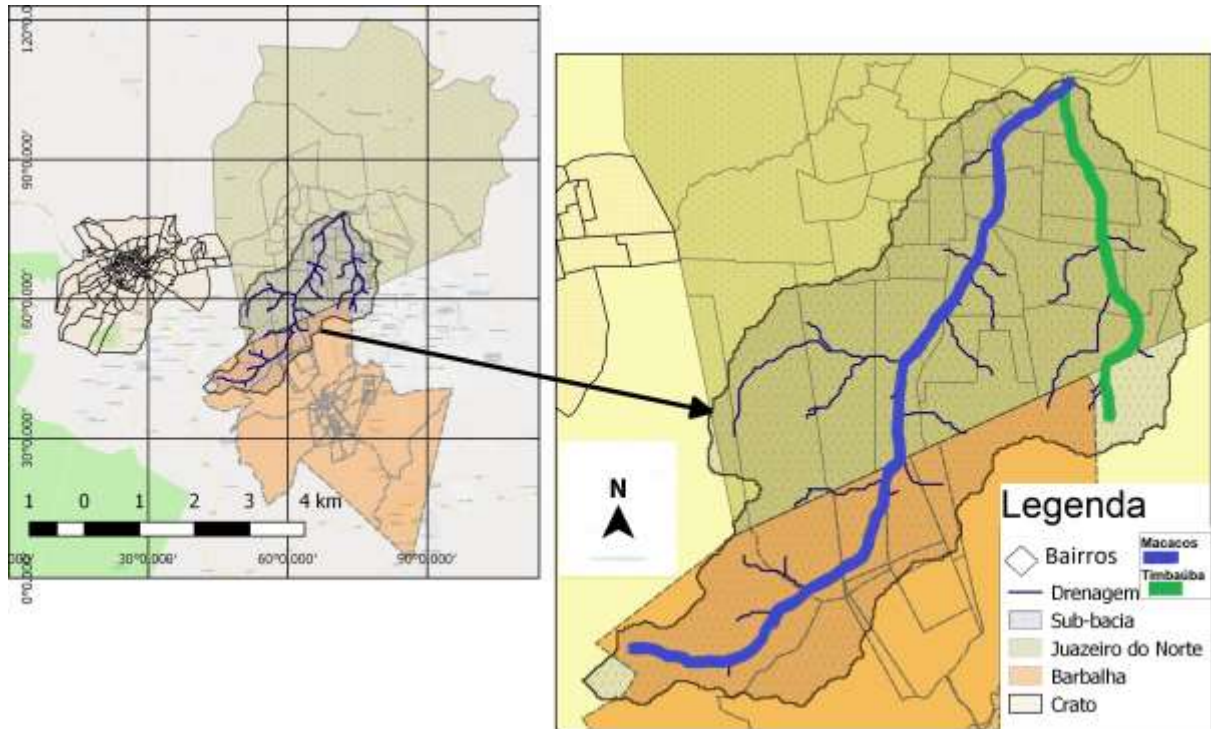
Segundo os autores supracitados, a abordagem quantitativa utiliza-se de métodos mensuráveis e quantificáveis. Assim, utilizou-se da abordagem quantitativa analítica pela necessidade de mensurar, ponderar e quantificar as variáveis constituintes dos indicadores, assim como as dimensões e o IQAmbiental, cuja a análise se fez necessária diante suas dimensões, interações e implicações com hábitos e costumes no que diz respeito aos aspectos socioambientais e político-institucional.

Os procedimentos técnicos utilizados buscaram examinar a natureza diversa das variáveis, indicadores e dimensão, os quais receberam o tratamento analítico dos dados coletados por meio de interpretações matemáticas e dados complementares documentais.

#### **4 LOCAL DA PESQUISA**

Esta pesquisa foi realizada na sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas, que possui uma área de 56,15 Km<sup>2</sup>, inserida em territórios dos municípios de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha, conforme mostra a Figura 1, sendo 64,3%, 35,4% e 0,3% pertencentes aos municípios de Juazeiro do Norte, Barbalha e Crato, respectivamente. Dos 56,15 Km<sup>2</sup> de área, 59,75 % corresponde a área urbana.

Figura 1 – Mapa de localização da Sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas.



Fonte: Autora, 2018

De acordo com o IBGE, a população total residente na área da pesquisa é de 174.555 habitantes, sendo 170.095 habitantes no município de Juazeiro do Norte e 4.460 habitantes em Barbalha. A área localizada no município de Crato não era habitada (IBGE, 2010).

Os municípios nos quais a sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas está inserida apresentam características de solo, vegetação e clima semelhantes, assim como distância da capital – aproximadamente 400 km em linha reta (CEARÁ, 2016). São municípios circunvizinhos e constituem a Região Metropolitana do Cariri – RCM, no extremo sul do Estado do Ceará. Porém, apresentam características distintas no que diz respeito a taxa de crescimento populacional, urbanização e território.

O município de Juazeiro do Norte apresenta coordenadas geográficas, cuja latitude (S) é de 7° 12'47" e longitude (WGr) 39°18'55", posicionadas bem no centro da RMC, cujos limites municipais está ao norte Caririáçu, ao sul Crato, Barbalha e Missão Velha, ao leste Missão Velha e Caririáçu e a oeste o município Crato.

Juazeiro do Norte possui, segundo o último censo do IBGE (2010), a terceira maior população do estado, distribuída em 248,8 km<sup>2</sup>, dos quais, apenas 3,93% habitam a zona rural, totalizando uma taxa de urbanização média de 96,07%, apresentando uma densidade

demográfica de 1006,91 hab./km<sup>2</sup>, valor superior à média do Estado do Ceará que é de 56,76 hab./km<sup>2</sup>.

Crato e Barbalha apresentam uma população de 121.428 e 55.323 habitantes, respectivamente. O município Crato apresenta taxa de urbanização de 83,11% e Barbalha de 68,73% (CEARÁ, 2016). A taxa de urbanização utilizada pelo IBGE (2010) é calculada pela Equação 2.

$$\% \text{ urbanização} = \frac{\text{Pop. urbana}}{\text{Pop. total}} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

Os três municípios apresentam clima tropical quente semiárido e tropical quente semiárido brando, além de tropical quente sub-úmido no município de Crato, com pluviosidade média de 1.090 mm em Crato, 925 mm em Juazeiro do Norte e 1.153 mm em Barbalha. As temperaturas médias oscilam entre 24° e 26° nos três municípios e o período invernos entre os meses de janeiro a maio (CEARÁ, 2016).

Apresentam o relevo de chapada com depressões sertanejas e solos latossolo Vermelho-Amarelo. A vegetação, por sua vez, é típica do bioma Caatinga em maior parte, Carrasco, Floresta Tropical Pluvial e Pluvio-Nebular. Tem como unidade de planejamento territorial a bacia hidrográfica do rio Salgado, sendo que o município do Crato pertence também a bacia do Alto Jaguaribe (CEARA, 2016).

Com relação a vegetação das zonas urbanas, é notória que nenhum dos três municípios possuem percentuais expressivos de áreas verdes. Silva (2013) cita que a cobertura vegetal é limitada as praças, porém, é notória que em algumas destas a arborização é inexpressiva. Contudo, destaque deve ser dado ao município de Juazeiro do Norte, que possui o Parque Natural Municipal das Timbaúbas, uma Unidade de Conservação com 0,234 Km<sup>2</sup> de área. Esta unidade de conservação foi enquadrada na categoria de Área de Proteção Integral, requerendo, por essa razão, que todas as atividades e obras a serem desenvolvidas nesta área se limitem àquelas destinadas a garantir a integridade dos recursos que a unidade objetiva proteger, assegurando-se às populações tradicionais por ventura residentes na área as condições e os meios necessários para a satisfação de suas necessidades materiais, sociais e culturais (Brasil, 2000, art. 28).

No que se refere a infraestrutura de saneamento, os municípios Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha dispõem de 98%, 99% e 99,6%, respetivamente, de cobertura dos serviços

de água de abastecimento para a zona urbana, superior ao estado que apresenta 92,06%, (CEARÁ, 2016). Contrapondo ao serviço de abastecimento de água, tem-se a cobertura urbana de coleta de esgoto, com apenas 33% no município do Crato e 37% em Juazeiro do Norte. Na cidade de Barbalha, a cobertura de esgoto é de 53,96% (CEARÁ, 2016). Vale salientar que, sobre os dados referente ao índice de tratamento do esgoto coletado nos três municípios, Crato tem 0,0%, Juazeiro do Norte 23,6% e Barbalha tem apenas 10,5%. A realidade de Juazeiro do Norte é similar ao Estado do Ceará, visto que este apresenta 38,24 % de cobertura urbana de coleta de esgoto (CEARÁ, 2016).

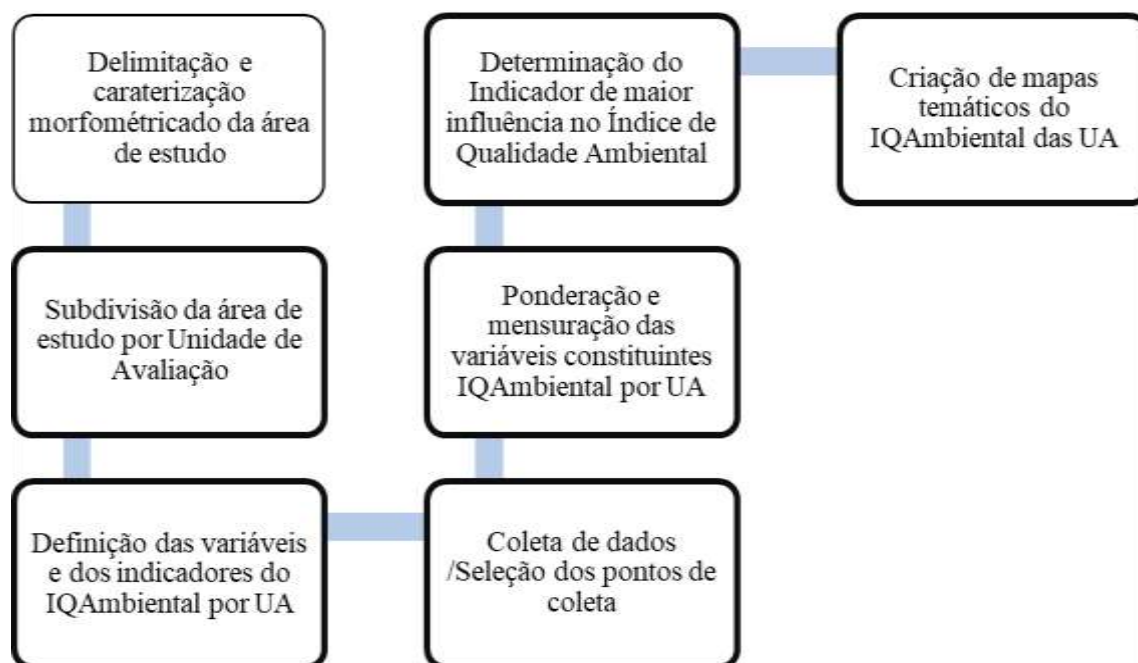
A cerca dos resíduos sólidos - “coleta de lixo”, os municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha apresentam um desempenho superior ao do estado, que é de 75,34%, uma vez que possuem taxas de 84,12%, 94,22% e 71,02% no Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, respectivamente (CEARÁ, 2016).

Com relação aos recursos hídricos, a sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas apresenta como principais canais de drenagem os riachos dos Macacos e das Timbaúbas, ambos têm as nascentes de seu curso d’água natural, município Barbalha, conforme observado na Figura 1.

## **5 ETAPAS METODOLÓGICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

Para se atingir o objetivo geral desta pesquisa foram realizadas as etapas descritas na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma das atividades realizadas para obtenção do Índice de Qualidade Ambiental da sub-bacia hidrográfica do riacho da Timbaúbas.



Fonte: Autora (2019)

### 5.1 Delimitação e caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas

A sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas, de coordenadas geográficas -07,20139 e -39,28953 do exutório, foi delimitada e caracterizada morfometricamente a partir das imagens do Modelo de Elevação Digital – DEM (USGS). Sistema de coordenada (DATUM horizontal) utilizado foi o SIRGAS 2000, DATUM oficial brasileiro. O zoneamento da sub-bacia se deu pelas ferramentas de processamento avançado do GRASSGIS 7, aplicativo vinculado ao QGIS.

Para delimitação da malha urbana dos municípios Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha inseridos na pesquisa foram utilizados a base de dados do IBGE (2015).

Os métodos operacionais foram realizados com subsídio do *software* QGIS 2.14, que foi integrado com o SAGA GIS 2.1 e o GRASS GIS 7.0, através de complementos, possibilitando organizar, processar, analisar e interpretar os dados geográficos relevantes a sub-bacia das Timbaúbas.

Foram utilizados os métodos de Coutinho, *et al.* (2011) e de Zanata, *et al.* (2011) para obtenção da caracterização morfométrica da sub-bacia em estudo. As equações necessárias

para obtenção dessa caracterização descritas por Villela e Mattos (1975), Studart (2006) e Carvalho e Silva (2006) estão descritas no Quadro 4, assim como as relações existente entre elas.

Quadro 4 – Métodos usados na morfométrica da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas

|                              | <b>Características</b>                           | <b>Descrição</b>  | <b>Fórmulas</b>  |
|------------------------------|--|---|--|
| <b>Dimensões geométricas</b> | Área de Drenagem (A)                             | A área de drenagem plana (projeção horizontal) inclusa entre seus divisores topográficos.   | Por meio de aplicativo computacional do software QGIS 2.14 foi criado o shape file da sub-bacia por meio do Modelagem Elevação Digital, (.tif) disponível pelo site americano Earth Explorer (USGS). |
|                              | Perímetro (P)                                    | Comprimento do contorno da sub-bacia  |  |
|                              | Comprimento do canal principal (L <sub>1</sub> ) | Canal com maior comprimento da sub-bacia (riacho dos Macacos)   |  |
|                              | Comprimento total dos canais (L <sub>t</sub> )   | Soma de todos os canais (1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup> e 4 <sup>a</sup> ordem) da sub-bacia  | $CLt = \Sigma (L1 + L2 + \dots + Ln)$  |
|                              | Coefficiente de compacidade (K <sub>c</sub> )    | Relação entre o perímetro (P) da bacia e a área de um círculo - área da bacia   | $Kc = \frac{(0,28 * P)}{\sqrt{A}}$   |
|                              | Coefficiente de conformação (K <sub>f</sub> )    | Razão entre a área da sub-bacia (A) e o comprimento do eixo axial da bacia (L).   | $Kf = \frac{A}{L^2}$   |
|                              | Índice de circularidade (I <sub>c</sub> )        | Relação entre a área da bacia (A) e o perímetro (P) da bacia.   | $IC = 12,57 \left( \frac{A}{P^2} \right)$  |
| <b>Drenagem</b>              | Ordem dos canais                                 | Cursos de 1 <sup>a</sup> ordem não recebem nenhuma contribuição; cursos de 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> ordem, recebem contribuições dos canais de 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> , respectivamente, e assim, sucessivamente. | Canais de drenagem de 1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup> e 4 <sup>a</sup> ordem  |

|               |                            |  |   |
|---------------|----------------------------|--|---|
|               | Densidade de drenagem (Dd) | Relação entre o comprimento total (Lt) de todos os cursos d'água da sub-bacia e a área (A) da mesma.   | $Dd = \frac{Lt}{A}$                           |
|               | Índice de Sinuosidade (Is) | Relação entre comprimento do rio principal (L1) e a distância vetorial (Tt) entre os extremos do rio.  | $S = \frac{L1}{Tt}$                           |
| <b>Relevo</b> | Declividade                | Relação da cota de maior altitude menos a cota de menor altitude dividida pela extensão entre as duas cotas (C <sub>maior</sub> e C <sub>menor</sub> ) | $D = \frac{(Cota_{maior} - Cota_{menor})}{L}$ |

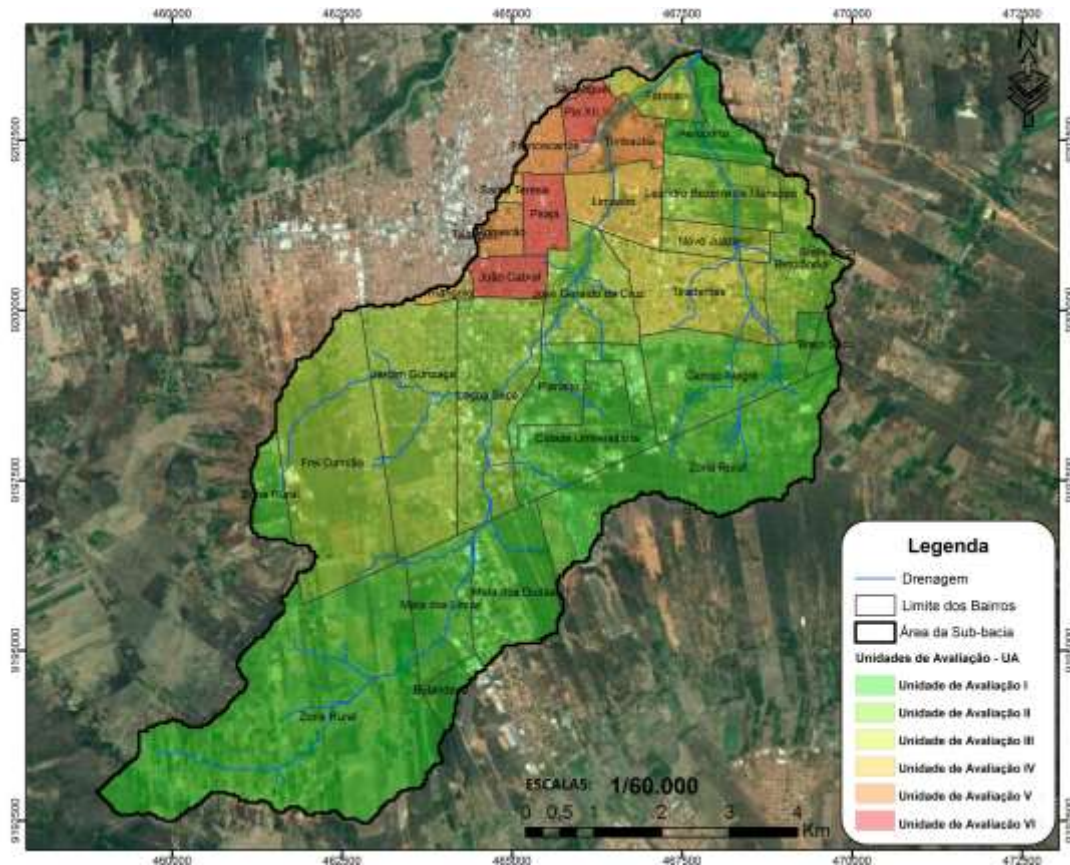
Fonte: Autora, adaptado Silva, *et al.* (2012).

## 5.2 Subdivisão da área de estudo por Unidade de Avaliação

A área total da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas, por ser extensa (56,15 km<sup>2</sup>), foi subdivida em seis (6) micro áreas, denominadas Unidades de Avaliação - UA (UA I, UA II, UA III, UA IV, UA V e UA VI), conforme disposto na Figura 3. Para esta subdivisão, foi utilizado o critério da variável densidade populacional, uma vez que, de acordo com a literatura especializada (CAMARGO, 2007; VEIGA, VEIGA E MATTA, 2014) grande parte dos problemas ambientais urbanos identificados em bacias hidrográficas, tais como a saturação das redes de infraestrutura urbanas, como a de água, de esgoto, drenagem pluvial, sistemas viários e coleta de lixo, ocorrem devido ao aumento da densidade populacional de forma não planejada.

Após subdivisão da área da sub-bacia das Timbaúbas, as unidades de análise ficaram com as seguintes áreas: 28,67 Km<sup>2</sup> (UA I), 17,77 Km<sup>2</sup> (UA II), 4,03 Km<sup>2</sup> (UA III), 1,72 Km<sup>2</sup> (UA IV), 2,52 (UA V) e 1,88 (UA VI).

Figura 3 – Sub-bacia das Timbaúbas, subdividida em seis unidades de avaliação.



Fonte: Autora, 2017

### 5.3 Definição das variáveis e dos indicadores do IQAmbiental, por UA

Nesta pesquisa, “o processo de construção” do sistema de indicadores que compôs o IQAmbiental envolveu uma série de decisões que culminou na consideração das dimensões socioambiental, socioeconômica e político - institucional, indispensáveis para a promoção do desenvolvimento sustentável. Por essa razão, esse processo de construção foi baseado na abordagem conceitual que fundamenta o modelo Força Motriz - Pressão - Situação - Exposição - Efeito – Ação (FPSEEA) (BRASIL, 2011).

Portanto, a partir do levantamento das causas da cadeia Força Motriz - Pressão - Situação - Exposição - Efeito e Ação, realizado na área de estudo, considerando as dimensões socioambiental, socioeconômica e político-institucional (Quadro A, B e C do Apêndice II), respectivamente, foram extraídas as variáveis e os indicadores considerados nos cálculos do IQAmbiental. Para auxiliar nesse processo de escolha, também foram consideradas as abordagens realizadas por Battelle Columbus (1972), que realizou uma avaliação sistemática



dos impactos ambientais de uma determinada área, e por Borja (1997), o qual estudou quais indicadores são importantes para a determinação da qualidade de vida de uma comunidade.

Salienta-se que, após concluir o levantamento e análise das causas da cadeia FPSEEA, observou-se que os serviços básicos de saneamento, considerados na dimensão socioeconômica, também estavam sendo contemplados pelas dimensões socioambiental e político-institucional. Por essa razão, para evitar repetições de variáveis e, conseqüentemente, majoração ou atenuação do resultado do IQAmbiental, optou-se por desconsiderar, neste estudo, a dimensão socioeconômica. Ressalta-se que a não consideração de outros indicadores socioeconômicos nesta pesquisa, como a taxa de desemprego e a renda per capita, deveu-se a impossibilidade de coleta dessas informações, a todo contingente populacional da área de estudo, no período de desenvolvimento da dissertação. Para coletar essas informações, com representatividade estatística, seria necessário entrevistar, aproximadamente, 200 famílias, em cada UA. Ao se considerar as seis unidades de avaliação, seria necessário entrevistar cerca de 1.2000 famílias.

Ante o exposto, foram trabalhados, nesta pesquisa, com oito indicadores da dimensão socioambiental (a) e com cinco da dimensão político-institucional (b), a saber:

(a) Indicador de Abastecimento de Água (IAA), Indicador de Esgotamento Sanitário (IES), Indicador de Limpeza (IL), Indicador de Drenagem Urbana (IDU), Indicador de Área de Preservação Permanente (IAPP), Indicador de Pavimentação (IP), Indicador de Recursos Hídricos (IRH) e Indicador de Área de Lazer (IAL);

(b) Indicador de Mobilidade Urbana (IMU), Indicador de Educação Pública Municipal (IEPM), Indicador de Segurança Pública (ISeP), Indicador de Saúde Pública (ISaP) e Indicador de Iluminação Pública (IIP).

É importante destacar que não foram considerados todos os indicadores citados acima nos cálculos dos IQAmbiental de todas as unidades de avaliação. Nas UA IV, UA V e VI, por estas não possuírem áreas de preservação permanente e possuírem percentuais de áreas não urbanizadas de apenas 16,4 %, 18 % e 5,3%, respectivamente, foram desconsiderados o IAPP. Na UA VI também não foi considerado o IRH, uma vez que na área delimitada para essa unidade de avaliação não havia nenhum curso de água, lago ou lagoa.

#### 5.4 Coleta de dados e seleção dos pontos de coleta

Os dados utilizados nos cálculos da maioria dos indicadores do IQAmbiental foram coletados no período de 2017 a 2018, tanto por meio da análise de documentos disponibilizados por órgãos públicos e privados, responsáveis pelos serviços prestados à população da área de estudo, como mediante observação ambiental *in loco* e análises laboratoriais.

Os dados coletados por meio da observação ambiental estão associados aos aspectos estéticos do ambiente natural e de infraestrutura urbana. Para a coleta desses dados, foi considerado um raio de 0 m a 500 m do ponto de coleta selecionado. Essa delimitação foi baseada no trabalho de Azevedo (2004), que para avaliar o impacto sobre a saúde da população exposta a resíduos sólidos urbanos delimitou as distâncias das unidades de investigação, considerando exposição alta se as distâncias entre 0,0 e 500 metros, exposição média entre 500 e 1000 metros e sem exposição se as distâncias fossem superiores a 1000 metros.

Para esta pesquisa, as distâncias foram demarcadas com o uso do aplicativo Google maps no celular.

Para que em todos os pontos de coleta, mediante a observação ambiental, fossem avaliadas, foram elaboradas instrumentais para coleta das variáveis correspondentes a cada indicador. Esses instrumentais estão disponíveis nos Apêndices III (Instrumental A, B e C). Para auxiliar no processo de registro das informações, fez-se uso de uma câmera fotográfica.

O Quadro A (Apêndice IV) constam as fontes dos dados utilizados nos cálculos de todos os indicadores considerados na determinação do IQAmbiental.

Para a seleção dos pontos de coleta dos dados obtidos mediante a observação ambiental, por Unidade de Avaliação, foi utilizada a metodologia da amostragem aleatória estratificada utilizando-se o *software* de geoprocessamento QGIS<sup>2</sup>.

Inicialmente a área total da sub-bacia foi subdividida em polígonos com área de 1000 m<sup>2</sup> cada, perfazendo um total de 58 polígonos. Do total de polígonos gerados em cada UA (UA I = 11 polígonos, UA II = 15 polígonos, UA III = 4 polígonos, UA IV = 2 polígonos, UA

---

<sup>2</sup> Quantum GIS: Manual do Usuário Version 1.4.0 'Enceladus' CENSIPAM.

<http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/> e Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - Diretoria de Obtenção de Terras e Implantação de Projetos de Assentamentos.

V = 2 polegadas e UA VI = 3 polegadas), foram sorteados, por meio da função =SE (teste\_lógico; [valor\_se\_verdadeiro]; [valor\_se\_falso]) disponibilizada no software Excel 2013, 33% dos centroides para serem utilizados como pontos de coleta de dados das variáveis que compuseram o Índice de Qualidade Ambiental.

Para os cálculos estatísticos usando a proporção de 1/3 do total de centroides em cada UA, com grau de confiança de 95 %, as margens de erro foram de: 1,5, 2,5, 0,5, 0,7,0,7 e 0,6 para as UA I, UA II, UA III, UA IV, UV V e UA VI, respectivamente. As coordenadas geográficas e a descrição da localização de cada ponto de coleta, por Unidade de Avaliação, estão descritas no Quadro 5.

Quadro 5 – Coordenadas e localização dos pontos de coleta de dados obtidos mediante observação ambiental em cada Unidade de Avaliação.

|             | <b>Pontos de Coleta</b> | <b>Coordenadas UTM</b>               | <b>Localização</b>   |
|-------------|-------------------------|--------------------------------------|--|
| <b>UA I</b> | Pt1                     | Long. 460383.252<br>Lat. 9193302.787 | Sítio Barro Vermelho, na divisa com o Sítio Araçais – Barbalha (Sul) |
|             | Pt2                     | Long. 466383.252<br>Lat. 9198302.787 | Rua Profª. Vaneide Bezerra, Cidade Universitária – Juazeiro do Norte |
|             | Pt3                     | Long. 466383.252<br>Lat. 9197302.787 | Rua Ten. Raimundo Rocha (área de loteamento) – Barbalha (Leste)      |
|             | Pt4                     | Long. 461383.252<br>Lat. 9194302.787 | Zona Rural, Mata dos Lima – Barbalha (Sul)                           |
|             | Pt5                     | Long. 461383.252<br>Lat. 9197302.787 | Zona Rural (área de loteamento) – Barbalha (Leste)                   |
|             | Pt6                     | Long. 462383.252<br>Lat. 9195302.787 | Zona Rural – Barbalha (Sul)  |
|             | Pt7                     | Long. 468383.252<br>Lat.9202302.787  | Rua Levy Benício Leite, Aeroporto – Juazeiro do Norte                |
|             | Pt8                     | Long. 468383.252<br>Lat. 9199302.787 | Av. Paizinho Sabiá, Campo Alegre – Juazeiro do Norte                 |
|             | Pt9                     | Long. 463383.252<br>Lat. 9194302.787 | Zona Rural, Sitio Araçais – Barbalha                                 |

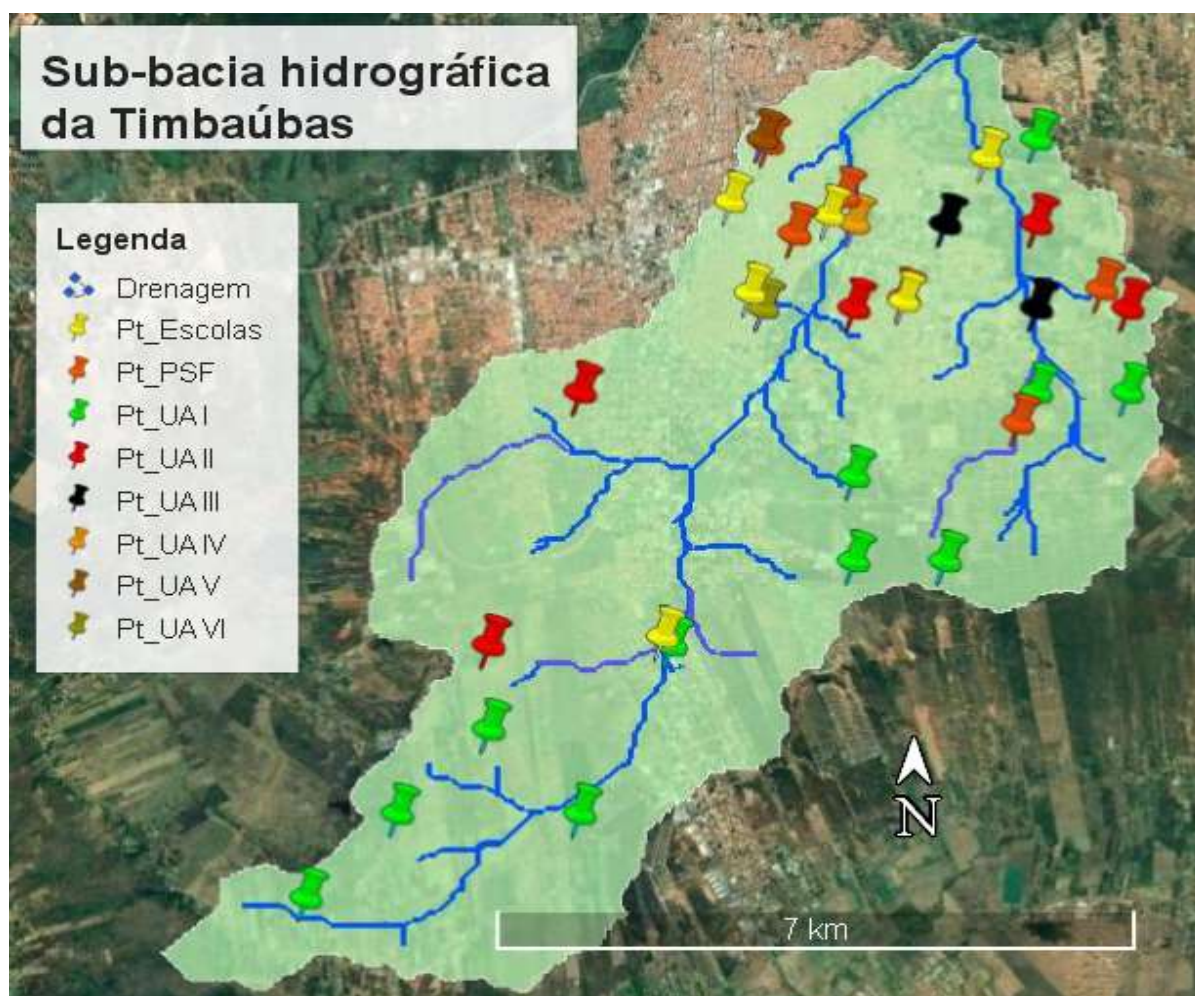
|               |      |                                      |  |
|---------------|------|--------------------------------------|--|
|               | Pt10 | Long. 469383.252<br>Lat. 9199302.787 | Prox. à rua Fausto Pessoa dos Santos<br>– área descampada, Brejo Seco –<br>Juazeiro do Norte |
|               | Pt11 | Long. 464383.252<br>Lat. 9196302.787 | Av. Leão Sampaio, Mata dos Lima -<br>Barbalha  |
|               | Pt12 | Long. 464289.92<br>Lat. 9196401.20   | Rua P01 – Mata dos Lima, Barbalha  |
|               | Pt13 | Long. 468182.07<br>Lat. 9198933.73   | UBAS – Campo Alegre  |
| <b>UA II</b>  | Pt14 | Long. 466383.252<br>Lat.9200302.787  | Rua Terezinha Gomes Macêdo, José<br>Geraldo da Cruz – Juazeiro do Norte                      |
|               | Pt15 | Long. 469383.252<br>Lat. 9200302.787 | Rua J. Antônio Severino, Brejo Seco<br>– Juazeiro do Norte                                   |
|               | Pt16 | Long. 462383.252<br>Lat. 9196302.787 | Área descampada/Loteamento, Frei<br>Damião – Juazeiro do Norte                               |
|               | Pt17 | Long. 463383.252<br>Lat. 9199302.787 | Área sem arruamento, Jardim<br>Gonzaga – Juazeiro do Norte                                   |
|               | Pt18 | Long. 468383.252<br>Lat. 9201302.787 | Próximo à Rua Augusto Dias de<br>Oliveira, área sem arruamento –<br>Juazeiro do Norte        |
|               | Pt19 | Long. 467831.96<br>Lat. 9202082.50   | Escola – Leandro Bezerra de<br>Menezes   |
|               | Pt20 | Long. 469098.51<br>Lat. 9200529.74   | Unidade Básica de Atendimento à<br>Saúde da Família  |
| <b>UA III</b> | Pt21 | Long. 467383.252<br>Lat. 9201302.787 | Rua Olgivi Magalhães de Melo com<br>Augusto Dias de Oliveira – Juazeiro<br>do Norte          |
|               | Pt22 | Long. 468383.252<br>Lat. 9200302.787 | Trav. Beato José Lourenço,<br>Tiradentes – Juazeiro do Norte                                 |
|               | Pt23 | Long. 466934.21<br>Lat. 9200381.27   | Escola – Tiradentes  |
|               | Pt24 | Long. 466928.50                      | Unidade Básica de Atendimento à  |

|              |      |                                      |  |
|--------------|------|--------------------------------------|--|
|              |      |                                      | Saúde - Tiradentes   |
| <b>UA IV</b> | Pt25 | Long. 466383.252<br>Lat. 9201302.787 | Rua Fc <sup>a</sup> . Paula Bezerra, Limoeiro –<br>Juazeiro do Norte |
|              | Pt26 | Long. 466109.82<br>Lat. 9201401.16   | Escola - Limoeiro  |
|              | Pt27 | Long. 466271.70<br>Lat. 9201621.23   | Unidade Básica de Atendimento à<br>Saúde - Limoeiro                  |
| <b>UA V</b>  | Pt28 | Long. 465383.252<br>Lat. 9202302.787 | Rua Monsenhor Esmeraldo,<br>Franciscanos – Juazeiro do Norte         |
|              | Pt29 | Long. 465029.74<br>Lat. 9201560.55   | Escola – av. Castelo Branco  |
|              | Pt30 | Long. 465438.50<br>Lat. 9202251.83   | Unidade Básica de Atendimento à<br>Saúde - Franciscanos              |
| <b>UA VI</b> | Pt31 | Long. 465383.252<br>Lat. 9200302.787 | Rua Paraíba, João Cabral– Juazeiro<br>do Norte                       |
|              | Pt32 | Long. 465246.66<br>Lat. 9200478.76   | Escola –João Cabral  |
|              | Pt33 | Long. 465783.57<br>Lat. 9201105.91   | Unidade Básica de Atendimento à<br>Saúde - Pirajá                    |

Fonte: Autora (2018)

Os mesmos pontos de coletas dos dados estão dispostos na Figura 4, num plano horizontal, os quais estão representados por Unidade de Avaliação e também por Escolas e PSF.

Figura 4 – Pontos de coleta de dados obtidos mediante observação ambiental em cada Unidade de Avaliação.



Fonte: Google Earth Proo. Elaborado pela Autora (2018)

Para obtenção dos dados de qualidade de água dos recursos hídricos superficiais existentes na área estudada, foram definidos os pontos de coleta listados no Quadro 6. Neste quadro também constam as coordenadas geográficas e a descrição dos referidos pontos de coleta.

Quadro 6 – Coordenadas geográficas e descrição dos pontos de coleta de amostras de água para avaliação da qualidade dos recursos hídricos existentes na área de estudo.

| Unidade de Avaliação I   |                              |  |   |
|--|------------------------------|--|---|
| Pontos de coleta   | Coordenadas UTM              | Descrição do Ponto de Coleta                           | Observações relevantes à pesquisa   |
| Pt1  | Lat. 9202682<br>Long. 466427 | Lagoa LS – Barbalha                                    | Área de sítio, com cerca no seu entorno   |
| Pt2  | Lat. 9203778<br>Long. 467769 | Confluência dos riachos Timbaúbas e Macacos - Exutório | Área pouco urbanizada, mas com cultivo de pastagem e criação de animais e recebe contribuições de esgotos   |
| Unidade de Avaliação II  |                              |  |   |
| Pt3  | Lat. 9199754<br>Long. 468785 | Lagoa Timbaúbas  | Área no seu entorno é pouco urbanizada, porém a Lagoa está bastante assoreada. Seu fluxo é intermitente e tem uma presença de resíduos sólidos bastante acentuada |
| Pt4  | Lat. 9197506<br>Long. 464525 | Lagoa LS – Juazeiro                                    | Próximo a Indústria de ferro, área urbanizada, recebe esgoto e tem parte aterrada   |
| Unidade de Avaliação III   |                              |  |   |
| Pt5  | Lat. 9200740<br>Long. 468348 | Riacho das Timbaúbas                                   | Área urbanizada e recebe contribuições de esgotos   |
| Unidades de Avaliação VI e V (Ponto de coleta – divisa as duas UA) |                              |  |   |
| Pt6  | Lat. 9201961<br>Long. 466427 | Riacho dos macacos                                     | Área fortemente urbanizada, presença de resíduos sólidos, ausência de mata ciliar e escoamento de efluentes   |

Fonte: Autora (2018).

As localizações dos 6 (seis) pontos amostrais de água foram definidos utilizando-se o critério da possibilidade de maior e de menor influência antrópica sobre a qualidade das águas superficiais por Unidade de Avaliação.

Assim, o Pt1 e Pt2 (UA I) foram escolhidos por se localizarem em área com menor grau de antropização, lagoa no meio rural canal que drena o riacho dos Macacos e no exutório da sub-bacia trecho de recebimento de alta carga poluidora, respectivamente, este último é o

trecho de confluência dos dois riachos; Pt3 e Pt4 (UA II) lagoa nos canais que drenam riacho das Timbaúbas em área urbana de baixa densidade e Pt4 lagoa urbana que drena o riacho dos Macacos, recebe efluente direto em sua área; Pt5 (UA III) na APP do riacho das Timbaúbas, área totalmente construída a montante; e Pt6 riacho dos Macacos, limite entre UA IV e V, área totalmente antropizada.

A partir da utilização do programa Google Earth Pro, foram identificadas as distâncias entre os pontos de coleta de água, as quais representam os trechos do rio considerados para o estudo, Tabela 2.

Tabela 2 – Distâncias entre os pontos de amostragem

| <b>TRECHO</b>     | <b>DISTÂNCIA (Km)</b> |
|-------------------|-----------------------|
| 1 (Pt1 a Pt2)     | 8,5                   |
| 2 (Pt2 a Pt3)     | 4,1                   |
| 3 (Pt3 a Pt4)     | 4,7                   |
| 4 (Pt4 a Pt5)     | 2,9                   |
| 5 (Pt5 a Pt6)     | 2,9                   |
| Total (Pt1 a Pt6) | 23,10                 |

Fonte: Autora (2018)

### ***5.5 Ponderação e mensuração das variáveis e dos indicadores constituintes IQAmbiental por UA***

Para o cálculo do IQAmbiental foi necessário ponderar e mensurar cada variável e indicador considerados nesta pesquisa. Para auxiliar nesse processo, foram tomadas como base as mensurações e ponderações de indicadores de qualidade ambiental realizadas por Menezes (2017), Maynard (2014), Silva (2013), Borja (2004), Borja (1997) e Battelle-Columbus (1972).

A atribuição dos pesos de cada variável e de cada indicador foi baseada na importância dos mesmos para a qualidade ambiental de cada unidade de avaliação e também embasada na literatura estudada. No Quadro 7 constam as variáveis, indicadores e dimensão socioambiental considerados no cálculo do IQAmbiental das unidades I, II e III e no Quadro 8 constam as



variáveis, indicadores e dimensão político-institucional para todas as Unidades de Avaliação, ambos com suas respectivas mensurações e ponderações.

A cada indicador foi atribuído o peso correspondente à sua importância para a qualidade ambiental de cada Unidade de Avaliação. A média aritmética dos pesos dos indicadores considerados na dimensão socioambiental foi 0,7 e da dimensão político-institucional foi 0,3. A literatura é ampla e diversificada quanto ao método de ponderação, portanto, para esta pesquisa se utilizou da média aritmética, a qual foi dentre as ponderações o método mais adequado para a obtenção dos pesos das variáveis e indicadores.

Para as unidades VI e V, por não terem sido considerados o  $I_{APP}$  no cálculo do  $IQ_{Ambiental}$ , conforme já explicado foi necessário alterar os pesos dos indicadores restantes. Esta alteração foi feita mantendo-se a mesma proporção considerada entre o indicador de maior peso ( $I_{ES}$ ) e os demais indicadores na ponderação das UA I, UA II e UAIII. Procedimento semelhante foi realizado na ponderação dos indicadores da UA VI, uma vez que não foram considerados, no cálculo do  $IQ_{Ambiental}$  desta unidade de avaliação, os indicadores  $I_{APP}$  e  $I_{RH}$ . Dessas alterações, foram geradas as ponderações constantes nos Quadros 9 e 10.

Quadro 7 - Mensuração e ponderação das variáveis e dos indicadores considerados no cálculo do IQAmbiental das UA I, UA II e UAIII, com suas respectivas mensurações e ponderações

| Dimensão                           | Indicador (I)            | Variável (V)  | Mensuração<br>(Nível / Qualidade) |                          | Ponderação  |           |
|------------------------------------|--------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------|-------------|-----------|
|                                    |                          |   |                                   |                          | Pesos (V)   | Pesos (I) |
| SOCIOAMBIENTAL                     | I <sub>AA</sub>          | Domicílios atendidos /<br>Domicílios total                              | < 50 %                            |                          | 0,2         | 0,81      |
|                                    |                          |   | ≥ 50 ≤ 80 %                       |                          | 0,5         |           |
|                                    |                          |   | > 80 %                            |                          | 1,0         |           |
|                                    | I <sub>ES</sub>          | Domicílios atendidos<br>/Domicílios total                               | I <sub>ES</sub> < 15 %            |                          | 0,0         | 0,91      |
|                                    |                          |   | ≥15 I <sub>ES</sub> ≤ 30 %        |                          | 0,2         |           |
|                                    |                          |   | > 30 I <sub>ES</sub> ≤ 50         |                          | 0,4         |           |
|                                    |                          |   | > 50 I <sub>ES</sub> ≤ 70         |                          | 0,6         |           |
|                                    |                          |   | I <sub>ES</sub> > 70              |                          | 1,0         |           |
|                                    | I <sub>L</sub>           | Serviços de Limpeza Urbana<br>(Capinação, varrição e poda<br>de árvore) | Existência +<br>Frequência        | Por rota /<br>solicitado | 0,05 / 0,10 | 0,81      |
|                                    |                          |   |                                   | Bimestral                | 0,15        |           |
|                                    |                          |   | Inexistente                       |                          | 0,00        |           |
|                                    |                          | Serviços de coleta de lixo  | Frequência                        | 100 % 3 x /<br>semana    | 0,30        |           |
|                                    |                          |   |                                   | 100 % 2 x /<br>semana    | 0,20        |           |
|                                    |                          |   |                                   | 100 % 1 x /<br>semana    | 0,10        |           |
|                                    |                          | Serviços de Coleta Seletiva   | Sim / Não                         |                          | 0,05 / 0,0  |           |
| Tratamento dos Resíduos<br>Sólidos | Aterro Sanitário / Lixão |   | 0,20 / 0,00                       |                          |             |           |

|                   |  |   |   |               |            |      |
|-------------------|--|---|---|---------------|------------|------|
|                   |  | Aspectos Estéticos-Ambientais                             | Esgoto a céu aberto   | Sim / Não     | 0,0 / 0,14 |      |
|                   |  |   | Disposição inadequada de RS                                   | Sim / Não     | 0,0 / 0,12 |      |
|                   |  |   | Animais soltos  | Sim / Não     | 0,0 / 0,04 |      |
|                   | IDU  | Existência e qualidade do sistema de Drenagem Urbana - DU | Existe de boa qualidade                                       |               | 1,0        | 0,73 |
|                   |  |   | Existe com infraestrutura regular                             |               | 0,6        |      |
|                   |  |   | Existe com infraestrutura precária                            |               | 0,2        |      |
|                   |  | Existência e qualidade do sistema de Drenagem Urbana - DU | Áreas não habitada, Não Se Aplica /Não existe                 |               | NSA / 0,0  |      |
|                   | IAPP                                       | Preservação das APP                                       | < 30  |               | 0          | 0,75 |
|                   |  |   | $\geq 30 \leq 50$   |               | 0,4        |      |
|                   |  |   | $> 50 \leq 80$  |               | 0,7        |      |
|                   |  |   | > 80  |               | 1          |      |
|                   | IP   | Pavimentação  | Existe em boas condições, em quantidade e qualidade           |               | 1          | 0,5  |
|                   |  |   | Existe parcialmente, sob o aspecto qualitativo e quantitativo |               | 0,6        |      |
|                   |  |   | Existe em condições precárias                                 |               | 0,3        |      |
|                   |  |   | Não existe  |               | 0          |      |
| Área não habitada |  |   | NSA   |               |            |      |
| IRH               | Índice de Qualidade da Água Físico-Químico | $79 < IQA \leq 100$                                       |   | Ótima (1,0)   | 0,73       |      |
|                   |  | $51 < IQA \leq 79$  |   | Boa (0,7)     |            |      |
|                   |  | $36 < IQA \leq 51$  |   | Regular (0,5) |            |      |

|   |                 |                  |  |               |            |
|---|-----------------|------------------|--|---------------|------------|
|   |                 |                  | 19 < IQA ≤ 36                                      | Ruim (0,3)    |            |
|   |                 |                  | IQA ≤ 19   | Péssima (0,1) |            |
|   | I <sub>AL</sub> | Praças e Parques | Não há espaços de lazer                            | 0,0           | 0,33       |
|   |                 |                  | Existe, boa infraestrutura e segurança             | 1,0           |            |
|   |                 |                  | Existe, infraestrutura parcial, mas tem segurança, | 0,6           |            |
|   |                 |                  | Existe, infraestrutura parcial, sem segurança      | 0,4           |            |
|   |                 |                  | Existe sem infraestrutura nem segurança            | 0,2           |            |
|   |                 |                  | Não Se Aplica                                      | NSA           |            |
| <b>Valor da Dimensão Socioambiental</b> |                 |                  |  |               | <b>0,7</b> |

Quadro 8 - Mensuração e ponderação das variáveis e dos indicadores considerados no cálculo do IQAmbiental das UA I, UA II e UAIII, UA IV, UA V e UA VI com suas respectivas mensurações e ponderações

| Dimensão                           | Indicadores (I)               | Variáveis (V)                             | Mensuração (Nível/Qualidade) | Peso (Pv)        | Peso (Pi) |
|------------------------------------|-------------------------------|---|------------------------------|------------------|-----------|
| <b>POLÍTICO-<br/>INSTITUCIONAL</b> | I <sub>IMU</sub>              | Transporte coletivo                       | Sim / Parcial / Não          | 0,2 / 0,1 / 0,00 | 0,2       |
|                                    |                               | Tempo de espera                           | ≤ 30                         | 0,1              |           |
|                                    |                               |   | > 30 ≤ 60 min                | 0,05             |           |
|                                    |                               |   | > 60 min / Parcial           | 0,001            |           |
|                                    |                               | Ônibus com acessibilidade para cadeirante | Sim funcionando              | 0,1              |           |
|                                    |                               |   | Funcionando parcialmente     | 0,05             |           |
| Infraestrutura Urbana local        | Adequada (Todos os elementos) | 0,2                                       |                              |                  |           |

|  |  |  |  |                   |             |     |
|--|--|--|--|-------------------|-------------|-----|
|  |  |  | funcionando) <sup>3</sup>              |                   |             |     |
|  |  |  | Adequada parcialmente                  |                   | 0,1         |     |
|  |  |  | Instruções sobre as rotas <sup>4</sup> |                   | 0,05        |     |
|  |  |  | Acessibilidade <sup>5</sup>            |                   | 0,1         |     |
|  |  |  | Sinalização                            |                   | 0,05        |     |
|  |  |  | Sim                                    |                   | 0,2         |     |
|  | ✓ Iluminação e Segurança nos Terminais | Parcial                                    |  | 0,1               |             |     |
|  |  | Não  |  | 0,0               |             |     |
|  |  |  |  |                   |             |     |
|  | IEPM                                   | ✓ Atendimento/Funcionamento                | Bom                                    | Regular           | 0,08 / 0,07 | 0,3 |
|  |  | ✓ Nº de aluno por turma -leis <sup>6</sup> | Em acordo                              | Em desacordo      | 0,12 / 0,00 |     |
| ✓ Oferta e atendimento – AEE <sup>7</sup> (leis <sup>8</sup> ) |  | Sim / Parcial / Não                        |  | 0,28 / 0,14 / 0,0 |             |     |
| ✓ Oferta de lanche escolar                                     |  | Sim  | Não                                    | 0,08 / 0,00       |             |     |
| ✓ Infraestrutura da escola <sup>9</sup>                        |  | Boa  | Regular                                | 0,28 / 0,13       |             |     |
| Serviços de infraestrutura urbana local <sup>10</sup>          |  | Boa  | Regular                                | 0,16 / 0,07       |             |     |

<sup>3</sup> Elementos componentes da infraestrutura local: Sinalização de trânsito (Semáforo e/ou faixa de pedestre), instruções, iluminação, sombreamento, acessibilidade);

<sup>4</sup> Ausência de instruções pontua com Zero (0) esta variável

<sup>5</sup> Acessibilidade: rampas nas calçadas e piso tátil (NBR 9050 e 14022).

<sup>6</sup> Lei 9.394 de 1996; PL 597-B de 2007; Lei 11.738 de 2008; e PL 228 de 2014.

<sup>7</sup> Oferta do Atendimento Educacional Especializado, caso haja na escola, alunos com necessidades especiais com laudo médico.

<sup>8</sup> Lei 9.394 de 1996; PL 597-B de 2007; Lei 11.738 de 2008; e PL 228 de 2014.

<sup>9</sup> Instalações hidrossanitárias, espaço de recreação e biblioteca, brinquedoteca e/ou sala de leitura e acessibilidade.

<sup>10</sup> Pavimentação, esgotamento sanitário, serviços de coleta de lixo e limpeza urbana

|   |   |   |  |      |     |
|---|---|---|--|------|-----|
|   | I <sub>SeP</sub>  | ✓ Índice de Violência nos bairros: Crimes Sexuais, Roubos e Crimes de Violentos Letais Intencionais | CS + R + CVLI (Taxa > 1.000) <sup>11</sup>                     | 0,0  | 0,4 |
|   |   |   | CS + R + CVLI (Taxa ≥ 500 ≤ 1.000)                             | 0,5  |     |
|   |   |   | CS + R + CVLI (Taxa < 500)                                     | 1,0  |     |
|   | I <sub>SaP</sub>  | ✓ Equipe de Atenção Básica a Saúde da Família <sup>12</sup> x demanda (Atende a legislação)         | Existência da equipe completa versus demanda                   | 0,20 | 0,3 |
|   |   |   | Existência da equipe completa versus demanda (parcial)         | 0,10 |     |
|   |   |   | Profissionais extra a equipe                                   | 0,04 |     |
|   |   |   | Atendimento diário manhã e tarde                               | 0,06 |     |
|   |   | ✓ Incidência de doenças compulsórias  | Incidência média das doenças > a do Estado <sup>13</sup>       | 0,00 |     |
|   |   |   | Incidência média das doenças < a do Município JN <sup>14</sup> | 0,35 |     |
|   |   |   | Incidência média das doenças > a do Município B <sup>15</sup>  | 0,15 |     |
| ✓ Infraestrutura das UBSF <sup>16</sup> | Incidência média das doenças ≥ a do Município JN ou ≤ ado Município B | 0,25  |  |      |     |
|   | Boa   | 0,15  |  |      |     |

<sup>11</sup> Taxa de Violência = (Nº casos violência anual / população total) x 100 mil habitantes

<sup>12</sup> 1 Médico, 1 Enfermeiro e 4 Agentes Comunitária de Saúde (Agente de Endemias), no mínimo – Portaria do Ministério da Saúde nº 2.488 de 2011.

<sup>13</sup> Ceará

<sup>14</sup> Juazeiro do Norte

<sup>15</sup> Barbalha

<sup>16</sup> Instalações hidrossanitárias adequada, recepção, sala de vacinação, sala de medicamento e consultório médico, considerando a acessibilidade de todos os espaços.

|  |   |                                    |                      |                  |            |
|--|---|------------------------------------|----------------------|------------------|------------|
|  |   |                                    | Regular              | 0,07             |            |
|  |   | ✓ Infraestrutura urbana do entorno | Boa                  | 0,10             |            |
|  |   |                                    | Regular              | 0,04             |            |
|  | I <sub>IP</sub>                                 | ✓ Vias públicas                    | Bom / Regular / Ruim | 0,6 / 0,3 / 0,1  | <b>0,3</b> |
|  |   | ✓ Espaços de lazer                 | Bom / Regular / Ruim | 0,2 / 0,1 / 0,05 |            |
|  |   | ✓ Terminais de ônibus              | Bom / Regular / Ruim | 0,2 / 0,1 / 0,05 |            |
|  | <b>Valor da Dimensão Político-institucional</b> |                                    |                      |                  | <b>0,3</b> |

Quadro 9 - Mensuração e ponderação das variáveis e dos indicadores considerados no cálculo do IQAmbiental das UA IV e UA V, com suas respectivas mensurações e ponderações

| Dimensão       | Indicadores (I) | Variável (V)  | Mensuração (Nível / Qualidade) |                       | Ponderação  |            |
|----------------|-----------------|---|--------------------------------|-----------------------|-------------|------------|
|                |                 |   |                                |                       | Pesos (Pv)  | Pesos (Pi) |
| SOCIOAMBIENTAL | I <sub>AA</sub> | Domicílios atendidos / Domicílios total                           | < 50 %                         |                       | 0,2         | 0,83       |
|                |                 |   | ≥ 50 ≤ 80 %                    |                       | 0,5         |            |
|                |                 |   | > 80 %                         |                       | 1,0         |            |
|                | I <sub>ES</sub> | Domicílios atendidos / Domicílios total                           | I <sub>ES</sub> < 15 %         |                       | 0,0         | 0,93       |
|                |                 |   | ≥ 15 I <sub>ES</sub> ≤ 30 %    |                       | 0,2         |            |
|                |                 |   | > 30 I <sub>ES</sub> ≤ 50      |                       | 0,4         |            |
|                |                 |   | > 50 I <sub>ES</sub> ≤ 70      |                       | 0,6         |            |
|                |                 |   | I <sub>ES</sub> > 70           |                       | 1,0         |            |
|                | I <sub>L</sub>  | Serviços de Limpeza Urbana (Capinação, varrição e poda de árvore) | Existência + Frequência        | Por rota / solicitado | 0,05 / 0,10 | 0,83       |
|                |                 |   |                                | Bimestral             | 0,15        |            |
|                |                 |   | Inexistente                    |                       | 0,00        |            |
|                |                 | Serviços de coleta de lixo  | Frequência                     | 100 % 3 x / semana    | 0,30        |            |

|                   |  |   |   |                    |             |      |
|-------------------|--|---|---|--------------------|-------------|------|
|                   |  |   |   | 100 % 2 x / semana | 0,20        |      |
|                   |  |   |   | 100 % 1 x / semana | 0,10        |      |
|                   |  | Serviços de Coleta Seletiva                               | Sim / Não   |                    | 0,05 / 0,0  |      |
|                   |  | Tratamento dos Resíduos Sólidos                           | Aterro Sanitário / Lixão                                      |                    | 0,20 / 0,00 |      |
|                   |  | Aspectos Estéticos-Ambientais                             | Esgoto a céu aberto   | Sim / Não          | 0,0 / 0,14  |      |
|                   |  |   | Disposição inadequada de RS                                   | Sim / Não          | 0,0 / 0,12  |      |
|                   |  |   | Animais soltos  | Sim / Não          | 0,0 / 0,04  |      |
|                   | I <sub>DU</sub>                            | Existência e qualidade do sistema de Drenagem Urbana - DU | Existe de boa qualidade                                       |                    | 1,0         | 0,74 |
|                   |  |   | Existe com infraestrutura regular                             |                    | 0,6         |      |
|                   |  |   | Existe com infraestrutura precária                            |                    | 0,2         |      |
|                   |  | Existência e qualidade do sistema de Drenagem Urbana - DU | Áreas não habitada, Não Se Aplica /Não existe                 |                    | NSA / 0,0   |      |
|                   | I <sub>P</sub>                             | Pavimentação  | Existe em boas condições, em quantidade e qualidade           |                    | 1           | 0,5  |
|                   |  |   | Existe parcialmente, sob o aspecto qualitativo e quantitativo |                    | 0,6         |      |
|                   |  |   | Existe em condições precárias                                 |                    | 0,3         |      |
| Não existe        |  |   | 0   |                    |             |      |
| Área não habitada |  |   | NSA   |                    |             |      |
| I <sub>RH</sub>   | Índice de Qualidade da Água Físico-Químico | 79 < IQA ≤ 100  |   | Ótima (1,0)        | 0,74        |      |



|   |                 |                  |  |               |            |
|---|-----------------|------------------|--|---------------|------------|
|   |                 |                  | 51 < IQA ≤ 79                                      | Boa (0,7)     |            |
|   |                 |                  | 36 < IQA ≤ 51                                      | Regular (0,5) |            |
|   |                 |                  | 19 < IQA ≤ 36                                      | Ruim (0,3)    |            |
|   |                 |                  | IQA ≤ 19   | Péssima (0,1) |            |
|   | I <sub>AL</sub> | Praças e Parques | Não há espaços de lazer                            | 0,0           | 0,33       |
|   |                 |                  | Existe, boa infraestrutura e segurança             | 1,0           |            |
|   |                 |                  | Existe, infraestrutura parcial, mas tem segurança, | 0,6           |            |
|   |                 |                  | Existe, infraestrutura parcial, sem segurança      | 0,4           |            |
|   |                 |                  | Existe sem infraestrutura nem segurança            | 0,2           |            |
|   |                 |                  | Não Se Aplica                                      | NSA           |            |
| <b>Valor da Dimensão Socioambiental</b> |                 |                  |  |               | <b>0,7</b> |

Quadro 10 - Mensuração e ponderação das variáveis e dos indicadores considerados no cálculo do IQAmbiental das UA VI, com suas respectivas mensurações e ponderações

| Dimensão       | Indicadores (I) | Variável (V)                               | Mensuração<br>(Nível / Qualidade) | Ponderação              |                         |
|----------------|-----------------|--|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                |                 |  |                                   | Pesos (P <sub>v</sub> ) | Pesos (P <sub>i</sub> ) |
| SOCIOAMBIENTAL | I <sub>AA</sub> | Domicílios atendidos /<br>Domicílios total | < 50 %                            | 0,2                     | 0,84                    |
|                |                 |  | ≥ 50 ≤ 80 %                       | 0,5                     |                         |
|                |                 |  | > 80 %                            | 1,0                     |                         |
|                | I <sub>ES</sub> | Domicílios atendidos<br>/Domicílios total  | I <sub>ES</sub> < 15 %            | 0,0                     | 0,94                    |
|                |                 |  | ≥15 I <sub>ES</sub> ≤ 30 %        | 0,2                     |                         |

|                                 |   |   |                           |                       |             |      |
|---------------------------------|---|---|---------------------------|-----------------------|-------------|------|
|                                 |   |   | > 30 I <sub>ES</sub> ≤ 50 |                       | 0,4         |      |
|                                 |   |   | > 50 I <sub>ES</sub> ≤ 70 |                       | 0,6         |      |
|                                 |   |   | I <sub>ES</sub> > 70      |                       | 1,0         |      |
|                                 | I <sub>L</sub>  | Serviços de Limpeza Urbana (Capinação, varrição e poda de árvore) | Existência + Frequência   | Por rota / solicitado | 0,05 / 0,10 | 0,84 |
| Bimestral                       |   |   |                           | 0,15                  |             |      |
| Inexistente                     |   |   | 0,00                      |                       |             |      |
| Serviços de coleta de lixo      |   | Frequência  | 100 % 3 x / semana        | 0,30                  |             |      |
|                                 |   |   | 100 % 2 x / semana        | 0,20                  |             |      |
|                                 |   |   | 100 % 1 x / semana        | 0,10                  |             |      |
| Serviços de Coleta Seletiva     |   | Sim / Não   |                           | 0,05 / 0,0            |             |      |
| Tratamento dos Resíduos Sólidos |   | Aterro Sanitário / Lixão  |                           | 0,20 / 0,00           |             |      |
| Aspectos Estéticos-Ambientais   |   | Esgoto a céu aberto   | Sim / Não                 | 0,0 / 0,14            |             |      |
|                                 |   | Disposição inadequada de RS                                       | Sim / Não                 | 0,0 / 0,12            |             |      |
|                                 | Animais soltos  | Sim / Não   | 0,0 / 0,04                |                       |             |      |
| I <sub>DU</sub>                 | Existência e qualidade do sistema de Drenagem Urbana - DU | Existe de boa qualidade   |                           | 1,0                   |             |      |
|                                 |   | Existe com infraestrutura regular                                 |                           | 0,6                   |             |      |
|                                 |   | Existe com infraestrutura precária                                |                           | 0,2                   |             |      |
|                                 | Existência e qualidade do sistema de Drenagem Urbana - DU | Áreas não habitada, Não Se Aplica /Não existe                     |                           | NSA / 0,0             |             |      |
| I <sub>P</sub>                  | Pavimentação  | Existe em boas condições, em quantidade e qualidade               |                           | 1                     | 0,51        |      |

|   |                 |                  |   |     |      |
|---|-----------------|------------------|---|-----|------|
|   |                 |                  | Existe parcialmente, sob o aspecto qualitativo e quantitativo | 0,6 |      |
|   |                 |                  | Existe em condições precárias                                 | 0,3 |      |
|   |                 |                  | Não existe  | 0   |      |
|   |                 |                  | Área não habitada   | NSA |      |
|   | I <sub>AL</sub> | Praças e Parques | Não há espaços de lazer                                       | 0,0 | 0,33 |
|   |                 |                  | Existe, boa infraestrutura e segurança                        | 1,0 |      |
|   |                 |                  | Existe, infraestrutura parcial, mas tem segurança,            | 0,6 |      |
|   |                 |                  | Existe, infraestrutura parcial, sem segurança                 | 0,4 |      |
|   |                 |                  | Existe sem infraestrutura nem segurança                       | 0,2 |      |
|   | Não Se Aplica   |                  |   |     | NSA  |
| <i>Valor da Dimensão Socioambiental</i> |                 |                  |   |     | 0,7  |

Fonte: Autora (2018)

Para os cálculos dos indicadores  $I_{AA}$  e  $I_{ES}$ , foi determinada, inicialmente, a porcentagem do atendimento por meio da relação entre os domicílios atendidos pelos domicílios totais [(Domicílios atendidos/Domicílios totais) \* 100]. A partir do resultado dessa porcentagem, foi realizada a classificação de acordo com os níveis estabelecidos nos Quadros 7 (UA I, II e III), 9 (UA IV, V) e 10 (UA VI), utilizando a função =SE (*teste\_lógico*; [valor\_se\_verdadeiro]; [valor\_se\_falso]), disponível no software Excel 2013, a exemplo: Se o atendimento < 50 % = 0,2; Se o atendimento  $\geq$  50 % = 0,5; Se o atendimento > 80 % = 1. Posterior resultado obtido (porcentagem de atendimento), foi enquadrado em um nível que (0,0 a 1,0) e assim, multiplicado pelo peso dos respectivos indicadores.

Vale ressaltar que a função =SE, descrita acima, foi utilizada para todos os indicadores, de acordo com o nível/qualidade, disposto nos Quadros 7, 8, 9 e 10.

O indicador de limpeza foi construído sob dois aspectos: um primeiro referente aos serviços de limpeza pública municipal (coleta e tratamento de resíduos e limpeza urbana) com somatório  $\leq$  0,7 e o segundo referente aos aspectos estéticos-ambientais, obtidos *in loco* com somatório  $\leq$  0,3, totalizando a soma das variáveis em 1,0.

Para o indicador de drenagem urbana e pavimentação, os aspectos foram existência, qualidade e quantidade, sendo este último observado apenas para a pavimentação conforme o quadro 7 e 9, de acordo com os pontos de observação selecionados em área urbana por UA.

Às APP, foi utilizada a porcentagem da área preservada destas dentro das UA contempladas com as mesmas e ponderando de acordo com as faixas descritas nos Quadro 7. As mesmas foram delimitadas considerando as faixas marginais segundo o preconizado no código florestal – Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 e Lei Federal nº 12.727, de 17 de outubro de 2012 para delimitação das APP.

À qualidade dos Recursos Hídricos superficiais foi aplicada a metodologia do IQA físico-químico (IQA-FQ) de acordo com a metodologia utilizada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2005). Desconsiderando-se, no entanto, o parâmetro E. coli. Assim, o peso do parâmetro E. coli foi distribuído entre os demais parâmetros de forma ponderada, considerando os parâmetros de maior peso (Oxigênio Dissolvido e pH). Os parâmetros utilizados pela Cetesb estão dispostos na Figura A (Anexo II) com seus respectivos pesos, fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água, de forma que a somatória dos pesos é igual a 1.

Para esta pesquisa o IQA-FQ foi obtido a partir dos parâmetros de qualidade de água descritos no Quadro 11. Neste quadro também constam os métodos analíticos utilizados na determinação de cada parâmetro bem como suas respectivas referências.

Quadro 11 – Parâmetros utilizados para composição do Indicador de Qualidade da Água

| <b>ÁGUA</b>   | <b>TÉCNICA ANALÍTICA</b>                                    | <b>REFERÊNCIA</b>         |
|---|---|---------------------------|
| <b><i>Oxigênio Dissolvido (OD)</i></b>                          | Método de Winkler – Iodométrico                             | APHA <i>et al.</i> (2012) |
| <b><i>Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO)</i></b>               | Método de Winkler – Azida sódica e Oxitop – Respirométrico  |                           |
| <b><i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i></b>                     | Potenciométrico   |                           |
| <b><i>Temperatura</i></b>                                       | Termômetro digital ° C                                      |                           |
| <b><i>Turbidez</i></b>  | Turbidímetro  |                           |
| <b><i>Nitrogênio Total (Amoniacal, Orgânico e Kjeldahl)</i></b> | Kjeldahl  |                           |
| <b><i>Sólidos Residuais</i></b>                                 | Gravimétrico–Ignição a 500-550°C                            |                           |
| <b><i>Fósforo Total</i></b>                                     | Método do ácido ascórbico após digestão por ácido ascórbico |                           |

Fonte: Autora, 2017

Para o cálculo do IQA-FQ foi utilizada a Equação 1, descrita no item 2.5.3 (Indicadores de Qualidade Ambiental utilizados nesta pesquisa). O resultado do IQA físico-foi classificado de acordo com o nível da qualidade da água. Para determinar o  $I_{RH}$ , os resultados do IQA-FQ foram ponderados de acordo com o disposto nos quadros 7 e 9.

O indicador Área de Lazer foi obtido pelo o método da observação ambiental. Utilizou-se as variáveis dispostas nos quadros 7 e 9 e, conforme o nível obtido para este, ponderou-se e multiplicou-o pelo peso do mesmo indicador.

O indicador Mobilidade Urbana foi construído com base na Política Nacional de Mobilidade Urbana – Lei 12.587 de 2012, conforme variáveis especificadas no quadro 8, de acordo com nível/qualidade foi ponderada e multiplicada pelo peso do indicador.

O indicador Educação Pública Municipal foi estruturado associando as variáveis descritas no Quadro 8, sendo, para a oferta e qualidade do ensino, número de alunos por turma, Atendimento Educacional Especializado e oferta de lanche, considerado pesos mais

elevados (0,56) devido à importância das mesmas. Acrescentando a estas variáveis, considerou-se também a infraestrutura da instituição de ensino local que pontuou 0,28 e do seu entorno 0,16, perfazendo o total de 1,0, e de acordo com o nível/qualidade, multiplicou-se pelo peso do indicador de educação.

Para o indicador Segurança Pública, a partir dos dados obtidos do Ciops CE, calculou-se o índice de violência e de acordo com o nível/qualidade disposto no Quadro 8, ponderou-se e multiplicou pelo peso do indicador

Para o indicador Saúde Pública, foi considerada a relação Equipes de Saúde da Família (ESF) com a demanda (habitante), a incidência de casos de doenças causadas por falta de saneamento básico (dengue, Chikungunya, Leishmaniose Tegumentar e Visceral) e infraestrutura da unidade de saúde e do entorno. De acordo com o nível/qualidade obtido ponderou-se multiplicando-o pelo peso do indicador saúde pública. Foi considerada a Portaria do Ministério da Saúde de nº 2.488 de 2011 para a composição da ESF, e a incidência foi comparada aos municípios citados no Quadro 8.

O cálculo do indicador Iluminação Pública, foi baseada na visita de campo nas praças, terminais de ônibus e vias públicas, no período noturno, sendo utilizado a mesmo método de ponderação já citado. O Quadro 12 expõe as equações utilizadas para cada indicador.

Quadro 12 – Equações utilizadas para calcular os indicadores, indicadores e o IQAmbiental

|   |   |
|---|---|
| $IAA = PV_{en} \times P_i$  | <p>IAA: Indicador de abastecimento de água;<br/>                 PV<sub>en</sub>: Pesos da variável equivalente ao nível de atendimento/qualidade (Quadros 7,8, 9 e 10);<br/>                 P<sub>i</sub>: Peso do indicador.</p>   |
| $IES = PV_{en} \times P_i$  | <p>IES: Indicador de esgotamento sanitário.</p>   |
| $IL = (PV_{en_{SLu}} + PV_{en_{Scl}} + PV_{en_{SCS}} + PV_{en_{Trs}} + P_{ven_{Aea}}) \times P_i$ | <p>IL: Indicador de limpeza;<br/>                 Slu: Serviços de limpeza urbana;<br/>                 Scl: Serviços de coleta de lixo;<br/>                 SCS: Serviços de coleta seletiva;<br/>                 Trs: Tratamento dos resíduos sólidos;<br/>                 Aea: Aspectos estéticos-ambientais;</p> |
| $IDU = \left[ \frac{PV_{en_{p1}} + PV_{en_{p2}} + \dots + PV_{e_{pn}}}{P_n} \right] \times P_i$   | <p>N<sub>p</sub>: Número de pontos observados <i>in loco</i>.</p>   |
| $IAPP = (PV_{en} \times P_i)$   | <p>IAPP: Indicador de área de preservação permanente</p>  |
| $IP = \left[ \frac{PV_{en_{p1}} + PV_{en_{p2}} + \dots + PV_{e_{pn}}}{N_p} \right] \times P_i$    | <p>IIP: Indicador de iluminação pública</p>   |

|  |  |
|--|--|
| $IR = \left[ \frac{PVen_{p1} + PVen_{p2} + \dots + PVe_{pn}}{Np} \right] \times Pi$                    |  |
| $IQAgua = \sum_{i=1}^n qi^{wi} \times Pi$  | <p>Qi: qualidade do i-ésimo parâmetro (um número entre 0 e 100);<br/> Wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro (número entre 0 e 1);<br/> n: número de variáveis que entram no cálculo do IQA.</p>   |
| $DSa = \sum_{n=Iaa}^{Ial} \left( \frac{Iaa; Ies; Il; Idu; Iapp; Ip; Irh; Ial}{NI} \right)$             | <p>DSa: Dimensão Socioambiental</p>  |
| $IMU = \left[ \frac{(PVen_{Tc} + PVen_{Te} + PVen_{Oacc} + PVen_{Iul} + Pven_{Ist})}{NP} \right] * Pi$ | <p>IMU: Indicador de mobilidade urbana<br/> Tc: Transporte coletivo;<br/> Te: Tempo de espera;<br/> Oacc: Ônibus com acessibilidade para cadeirante;<br/> Iul: Infraestrutura urbana local;<br/> Ist: Iluminação e segurança nos terminais.</p>          |
| $IEPM = (PVen_{Af} + PVen_{Nat} + PVen_{AEE} + PVen_{Ol} + Pven_{Ie} + PVen_{Iul}) * Pi$               | <p>IEPM: Indicador de educação pública municipal<br/> Af: Atendimento e funcionamento da escola;<br/> Nat: Número de aluno por turma;<br/> AEE: Atendimento Educacional Especializado;<br/> Ol: Oferta de lanche;<br/> Ie: Infraestrutura da escola;</p> |



|   |   |
|---|---|
|   | Iul: Infraestrutura urbana do entorno;  |
| $ISEPM = \left( \left( \frac{NCS + NR + NCVLI}{Pop.UA} \right) x 100 \text{ mil hab.} \right) x Pi$ | ISeP: Indicador de segurança pública<br>NCS: Número de crimes sexuais;<br>NR: Número de roubos;<br>NCVLI: Número de crimes violentos letais intencionais.   |
| $ISaP = (PVen_{Icdc} + PVen_{ESF} + PVen_{Ius} + PVen_{Iul}) * Pi$                                  | ISaP: Indicador de Saúde Pública;<br>Icdc: Incidência de doenças compulsórias;<br>ESF: Equipe de Saúde da Família;<br>Ius: Infraestrutura da Unidade de Saúde;<br>Iul: Infraestrutura urbana local. |
| $Icd = \left( \frac{(Ncd + Ncc + Nclt + Nclv)}{3} x 100 \text{ mil hab} \right)$                    | Icd: Incidência de casos de doença<br>Nc: número de casos;<br>D: dengue;<br>C: chikungunya;<br>Lt: leishmaniose tegumentar;<br>Lv: Leishmaniose visceral.   |
| $Sip = (PVen_{Ivp} + PVen_{Iel} + PVe_{Ito}) x Pi$  | IP: Indicador de iluminação pública<br>Ivp: Iluminação nas vias públicas;<br>Iel: Iluminação nos espaços de lazer;<br>Ito: Iluminação nos terminais de ônibus.                                      |

|   |  |
|---|--|
| $IPi = \sum_{n=IMU}^{IIP} \frac{(IMU + IEPM + ISaP + ISeP + IIP)}{5}$ | <p>DPI: Dimensão Político-institucional<br/> IMU: Indicador de mobilidade urbana;<br/> IEPM: Indicador de Educação Pública Municipal;<br/> ISaP: Indicador de Saúde Pública;<br/> ISeP: Indicador de Segurança Pública;<br/> IIP: Indicador de Iluminação Pública.</p> |
| $IQAmbiental = (DSa + DPi)$   | <p>IQAmbiental: Índice de Qualidade Ambiental<br/> DSa: Indicador da dimensão socioambiental<br/> DPi: Indicador da dimensão político-institucional</p>  |

Fonte: Autora (2019)

A definição do  $D_{SA}$  e  $D_{PI}$  foram realizadas por meio da classificação em cinco níveis de qualidade (A, B, C, D e E) em ordem decrescente, considerando para o nível máximo e mínimo, A e E, respectivamente, de cada indicador. Assim, considera a classe A uma excelente qualidade ambiental nível mais elevado, próximo do valor máximo do  $D_{Sa}/D_{Pi}$  e a classe E uma péssima qualidade ambiental, nível muito baixo, tendendo a zero em relação ao valor do  $D_{Sa}$  e  $D_{Pi}$ , de acordo com o exposto no Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação do  $D_{SA}$  e  $D_{PI}$

| <i><math>D_{SA}</math> (Valor 0,7)</i>         | <i><math>D_{PI}</math> (Valor 0,3)</i>         | <i>Classificação</i> | <i>Nível de Satisfação</i> |
|--|--|----------------------|----------------------------|
| <i><math>0,52 &lt; D_{SA} \leq 0,70</math></i> | <i><math>0,22 &lt; D_{PI} \leq 0,30</math></i> | A                    | Ótimo                      |
| <i><math>0,35 &lt; D_{SA} \leq 0,52</math></i> | <i><math>0,15 &lt; D_{PI} \leq 0,22</math></i> | B                    | Satisfatório               |
| <i><math>0,18 &lt; D_{SA} \leq 0,35</math></i> | <i><math>0,08 &lt; D_{PI} \leq 0,15</math></i> | C                    | Insatisfatório             |
| <i><math>0,00 \leq D_{SA} \leq 0,18</math></i> | <i><math>0,00 \leq D_{PI} \leq 0,08</math></i> | D                    | Crítico                    |

Fonte: Autora (2019)

### 5.5.2 Índice de Qualidade Ambiental

Para determinar o  $IQ_{Ambiental}$ , optou-se por utilizar classes de qualidade baseadas no modelo de Borja (1997). Considerou-se os intervalos de 0,00 a 1,00. Quanto mais próximo de 1,00 maior é o nível de qualidade ambiental e quanto mais próximo de 0,00 pior é o nível de qualidade. Dessa forma, a classificação do  $IQ_{Ambiental}$  foi realizada conforme dispõe o Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação da Qualidade Ambiental

| <i>Níveis de Qualidade</i>                             | <i>Nível de Satisfação</i> | <i>Classificação</i> |
|--|----------------------------|----------------------|
| <i><math>0,75 &lt; IQ_{Ambiental} \leq 1,00</math></i> | Ótima                      | A                    |
| <i><math>0,50 &lt; IQ_{Ambiental} \leq 0,75</math></i> | Satisfatória               | B                    |
| <i><math>0,25 &lt; IQ_{Ambiental} \leq 0,50</math></i> | Insatisfatória             | C                    |
| <i><math>0,00 \leq IQ_{Ambiental} \leq 0,25</math></i> | Crítica                    | D                    |

Fonte: Autor (2018)

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Morfometria da sub-bacias hidrográfica das Timbaúbas

As características morfométricas assumem um importante papel no processo hidrológico e torna-se fundamental ao planejamento ambiental e gestão integrada dos recursos hídricos. Dessa forma, para a sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas foram analisadas as características morfométricas dispostas no Tabela 5

Tabela 5 – Morfometria da Sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas

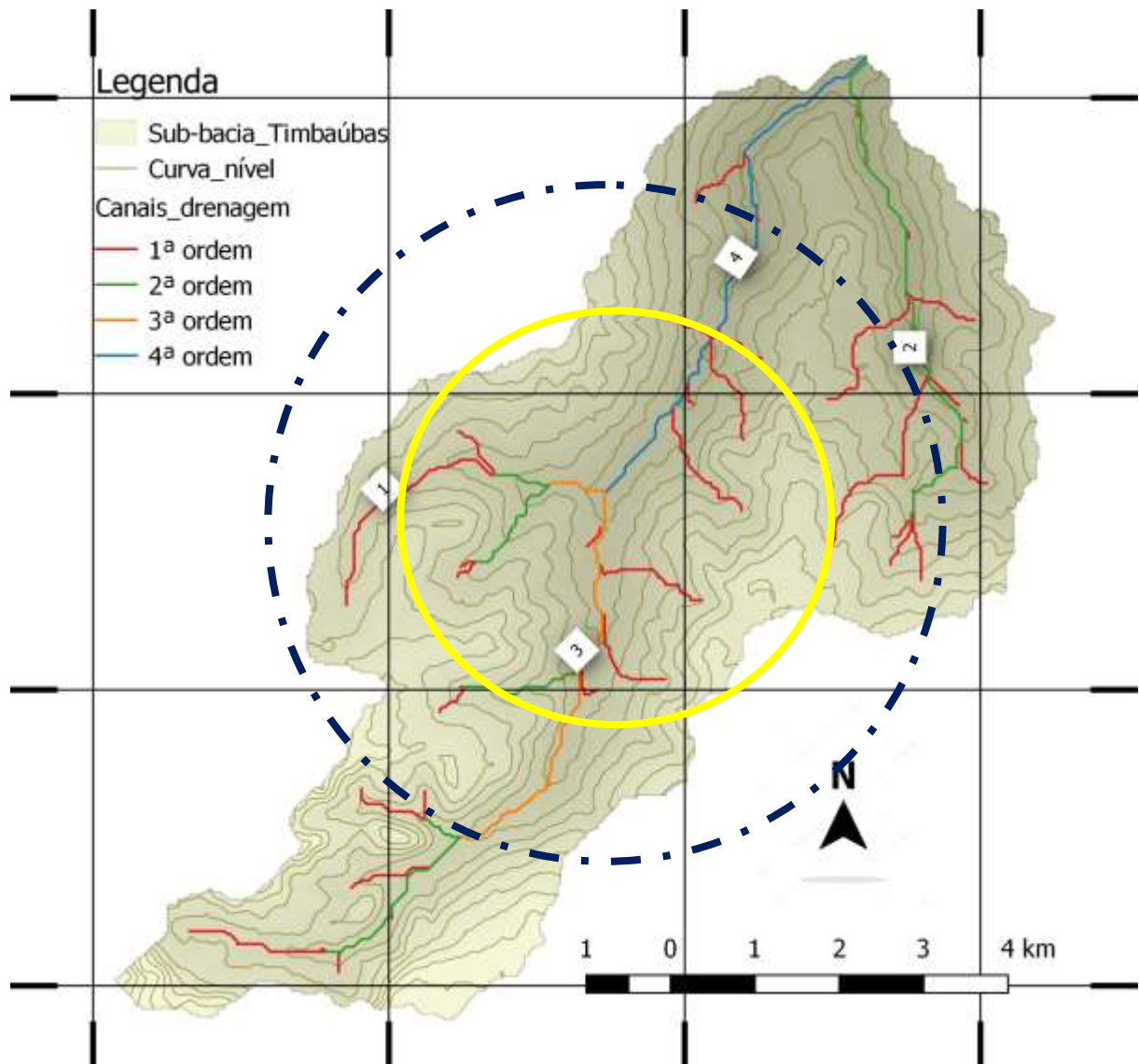
| <i>Características fisiográficas da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas</i> |   | <b>Unidade</b>  |                    |     |
|--|---|---|--------------------|-----|
| <b>Geometria</b>   | Área de Drenagem (A)  | 56,150  | Km <sup>2</sup>    |     |
|  | Perímetro (P)   | 52,140  | Km                 |     |
|  | Coeficiente de compacidade (Kc)                                       | 1,94  | -                  |     |
|  | Coeficiente de conformação (Kf)                                       | 0,02  | -                  |     |
|  | Índice de circularidade (Ic)  | 0,259   | -                  |     |
|  | Comprimento de canal principal (riacho dos Macacos) (L <sub>1</sub> ) | 16,040  | Km                 |     |
|  | Comprimento do canal do riacho das Timbaúbas (L <sub>2</sub> )        | 7,205   | Km                 |     |
|  | Comprimento total dos canais (L <sub>t</sub> )                        | 53,64   | Km                 |     |
| <b>Drenage</b>   | Ordem dos canais  | 1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup> e 4 <sup>a</sup> | Ordem              |     |
|  | Densidade de drenagem   | 0,95  | Km/Km <sup>2</sup> |     |
|  | Índice de Sinuosidade (Is)  | 1,22  |                    |     |
| <b>Relevo</b>  | Amplitude altimétrica – rio principal                                 | Máxima  | 460                | M   |
|  |   | Mínima  | 364                | M   |
|  |   | Média   | 412                | M   |
|  | Declividade   | Média   | 0,01               | m/m |

Fonte: Autora (2018).

De acordo com a Tabela 5, a sub-bacia das Timbaúbas tem sua forma alongada, evidenciado pelo valor de Kc e Kf, além de ter um Índice de circularidade distante de 1 (0,259). Silva Neto, *et al.* (2013) descreveram que esses coeficientes quando distante de 1

indicam que a bacia não é circular e ainda, que se o  $K_c > I_c$  indica que a bacia tem uma forma alongada, conforme pode ser visualizada pela Figura 5, a qual traz alguns dos elementos morfométricos que serão abordados na sequência.

Figura 5 – Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas



Fonte: Autora (2018)

Carvalho e Silva (2006) corroboram com a forma da bacia e justificam sobre os valores dos coeficientes de compacidade e conformação, os quais traduzem as características relativas aos riscos de enchentes, sendo  $K_c$  variando entre 1,0 -1,25 e  $K_f$  de 1,0 – 0,75 alta propensão de cheia e quando  $K_c$  for superior a 1,5 e  $K_f$  inferior a 0,5 não ocorre risco de cheias.

Os mesmos coeficientes permitem estimar um longo tempo de concentração da água precipitada no interior da sub-bacia Sousa e Paula (2016).

A sub-bacia tem sinuosidade no formato retilíneo ou com baixa sinuosidade. Segundo a literatura, consideram canais com baixa sinuosidade quando apresenta o  $I_s$  próximo de 1,0 e meandantes quando o  $I_s$  for próximo de 2,0 (SOUSA e PAULA, 2016; SOARES, *et al.*, 2016).

Os canais de drenagem com de tendência retilínea no geral, apresentam fluxo de água mais rápido e maior capacidade de transportar sedimentos (MORELI *et al.*, 2014; NARDINI *et al.*, 2013).

Por meio da amplitude altimétrica máxima, média e mínima, Tabela 5 observa-se que o relevo mostra uma declividade moderada, suavemente plana, de modo que, a velocidade do escoamento é lenta, contribuindo para uma boa infiltração e atenuando os processos erosivos.

A densidade de drenagem obtida foi de 0,95 Km/Km<sup>2</sup>, considerada uma densidade moderada. Segundo (VILLELA E MATTOS, 1975) a densidade de drenagem de uma bacia hidrográfica pode variar entre 0,5 Km/Km<sup>2</sup> a 3,5 ou mais Km/Km<sup>2</sup> para bacias pobres e bacias bem drenadas ou com excelente drenagem, respectivamente.

No entanto, a sub-bacia apresenta quatro ordens de canais, sendo 45% canais de 1ª ordem. Os cursos de 1ª ordem (cabeceiras) são em sua maioria do tipo intermitente e requerem implementações de ações efetivas de gestão e proteção ambiental, pois os mesmos estão susceptíveis a alterações hidrológicas provocadas pela pressão antrópica, Figura 6.

Figura 6 – Mapeamentos das áreas de cabeceiras da sub-bacia das Timbaúbas



**Fonte:** Google Earth Pro (2018). Elaboração: Autora (2018)

Vale ressaltar que a sub-bacia das Timbaúbas, tem seus dois riachos principais (Macacos e Timbaúbas) totalmente comprometidos e degradados. Possivelmente, isso pode decorrer do fato de serem riachos efêmeros, segundo a classificação do Novo Código Florestal Brasileiro – Lei 12.651 de 2012. Isso, abriu precedente para que fosse terraplanado parte dos canais naturais que drenam a sub-bacia, ocasionando uma ruptura nesses cursos d'água.

A sub-bacia das Timbaúbas tem seis lagoas inserida na área, todas em áreas urbana, sendo uma localizada no município de Barbalha – Mata dos Lima –, outra no bairro Betolândia – Juazeiro do Norte –, áreas pouco habitadas, as demais estão totalmente em meio urbano, praticamente todos seu entorno encontra-se pavimentados.

Figura 7 – localização das lagoas inseridas na sub-bacia das Timbaúbas.



**Fonte:** Google Earth Pro (2017). Elaboração: Autora (2017)

Os riachos Macacos e Timbaúbas, atualmente tem suas extensões bem menores 4,147 e 3,090 Km, respectivamente, em relação aos seus cursos naturais, segundo Parecer Técnico da COGERH, 2018.

Essa redução decorre principalmente da urbanização mal planejada que não respeita os limites dos cursos d'água e por não ter uma rede coletora de esgoto efetiva, finda por perenizar os riachos com efluente doméstico diariamente. Durante o período chuvoso, formam-se as poças d'água misturado ao esgoto, uma verdadeira insalubridade para os que transitam pelas vias as quais cruzam os canais natural de drenagem da sub-bacia.

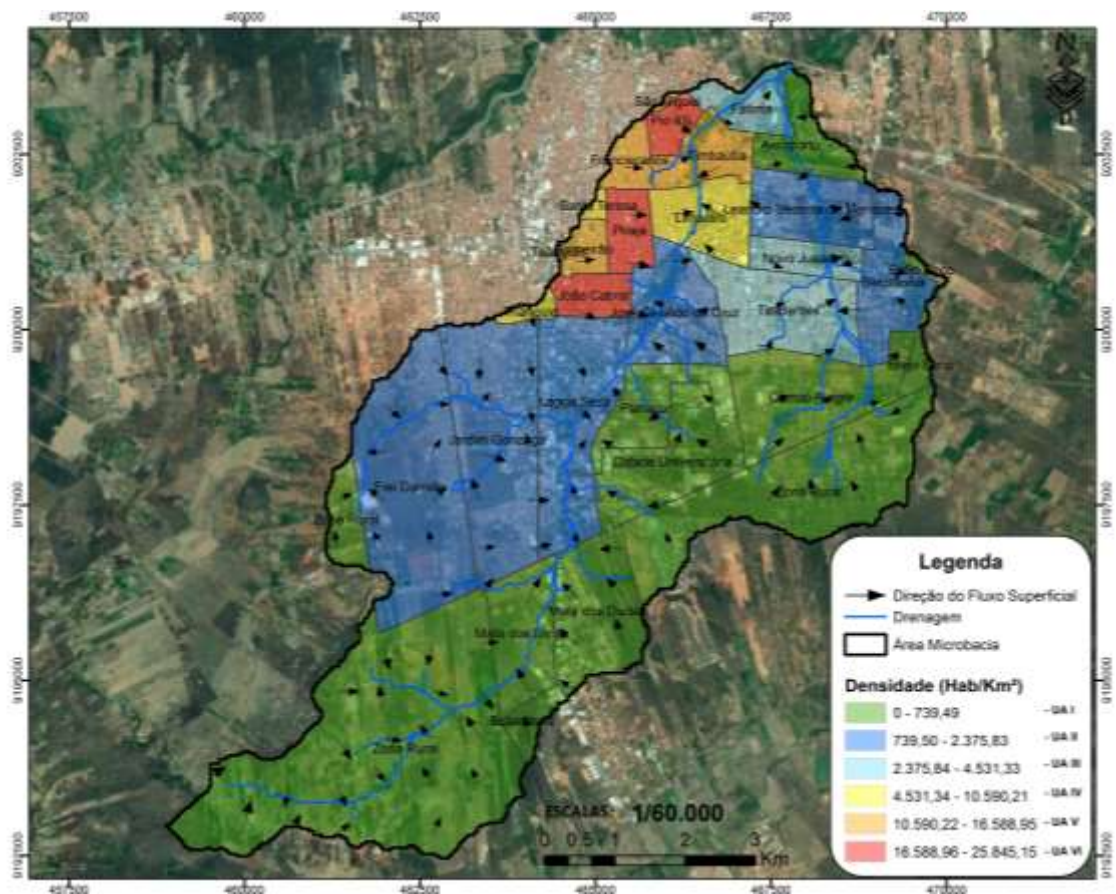
## ***6.2 Características das Unidades de Avaliação***

A Unidade de Avaliação I, constitui-se de bairros citadino e zona rural, taxa de urbanização de 49,81%, população total de 9.111 habitantes e área de 28,27 Km<sup>2</sup>. A Unidade de Avaliação II constituída por seis bairros urbanos, com taxa de urbanização de 66,95 %, população 35.907 e área de 17,77 Km<sup>2</sup>. A Unidade de Avaliação III tem 72,5% é área urbanizada e constitui-se de apenas 3 com população total de 17.141 habitantes numa área de 4,03 Km<sup>2</sup>, a Unidade IV constitui-se de 3 também, com taxa de urbanização de 83,58 %,



população de 28.701 habitantes e área 1,72 Km<sup>2</sup>. A Unidade de Avaliação V tem uma taxa de urbanização análoga à UA IV (82.0 %), população de 40.146 habitantes e constitui-se de 4 bairros urbanos localizados bem na área central do município Juazeiro do Norte e área de 2,52 Km<sup>2</sup>, similar a Unidade V a UA VI tem uma taxa de urbanização é de 94,64 %, população de 43.758 numa área de 1,88 Km<sup>2</sup>. A Figura 8 apresenta as Unidades de Avaliação, municípios de locação e densidade populacional, segundo dados do IBGE (2010).

Figura 8 – Características demográficas e constituição territorial das Unidades de Avaliação



Fonte: Autora (2019)

### 6.3 Índice de Qualidade Ambiental da Sub-bacia Hidrográfica das Timbaúbas por Unidade de Avaliação

Os resultados da aplicação do IQAmbiental para a sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas, por meio dos indicadores de qualidade ambiental das dimensões Socioambiental e Político-institucional, demonstraram as potencialidades desta metodologia para fazer as inter-relações necessárias e coerentes, visando guiar alternativas de planejamento e gestão da mesma. A Tabela 6 expõe os resultados por Unidades de Avaliação dos indicadores, dimensões e IQAmbiental.

Tabela 6 – Resultados dos indicadores de qualidade ambiental

| Indicadores           | UA I           | UA II       | UA III      | UA VI       | UA V           | UA VI       |
|-----------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|
| I <sub>AA</sub>       | 0,30           | 0,30        | 0,32        | 0,32        | 0,68           | 0,69        |
| I <sub>ES</sub>       | 0,03           | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,13           | 0,17        |
| I <sub>L</sub>        | 0,33           | 0,26        | 0,32        | 0,32        | 0,39           | 0,35        |
| I <sub>DU</sub>       | 0,07           | 0,12        | 0,25        | 0,19        | 0,15           | 0,15        |
| I <sub>APP</sub>      | 0,16           | 0,11        | 0,32        | -           | -              | -           |
| I <sub>P</sub>        | 0,11           | 0,15        | 0,18        | 0,19        | 0,46           | 0,39        |
| I <sub>QRH</sub>      | 0,24           | 0,24        | 0,08        | 0,08        | 0,08           | -           |
| I <sub>AL</sub>       | 0,00           | 0,29        | 0,34        | 0,26        | 0,43           | 0,23        |
| <b>D<sub>SA</sub></b> | <b>0,16</b>    | <b>0,18</b> | <b>0,23</b> | <b>0,19</b> | <b>0,33</b>    | <b>0,28</b> |
| Classificação         | D              |             |             | C           |                |             |
| Nível de satisfação   | Insatisfatório |             |             | Crítico     | Insatisfatório |             |
| I <sub>MU</sub>       | 0,05           | 0,09        | 0,10        | 0,12        | 0,14           | 0,14        |
| I <sub>EMP</sub>      | 0,22           | 0,24        | 0,20        | 0,15        | 0,25           | 0,15        |
| I <sub>SaP</sub>      | 0,20           | 0,28        | 0,18        | 0,29        | 0,20           | 0,26        |
| I <sub>SeP</sub>      | 0,00           | 0,20        | 0,20        | 0,20        | 0,40           | 0,40        |
| I <sub>IP</sub>       | 0,03           | 0,15        | 0,18        | 0,30        | 0,30           | 0,30        |
| <b>D<sub>PI</sub></b> | <b>0,10</b>    | <b>0,19</b> | <b>0,17</b> | <b>0,21</b> | <b>0,26</b>    | <b>0,25</b> |
| Classificação         | C              | B           | B           | B           | A              | A           |

| Nível de satisfação | Insatisfatório | Satisfatório |             |             | Ótimo        |             |
|---------------------|----------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| <b>IQAmbiental</b>  | <b>0,26</b>    | <b>0,37</b>  | <b>0,40</b> | <b>0,40</b> | <b>0,59</b>  | <b>0,53</b> |
| Classificação       | C              | C            | C           | C           | B            | B           |
| Nível de satisfação | Insatisfatório |              |             |             | Satisfatório |             |

**Fonte:** Autora (2019)

Da análise dos resultados da Tabela 6 verifica-se que os indicadores referentes a dimensão socioambiental, das Unidade de Avaliação I e II, pertencem a classe D e as demais Unidades pertencem a classe C, que corresponde ao nível de qualidade ambiental crítica e insatisfatório. Os indicadores que mais contribuíram para as condições crítica e insatisfatória foram o esgotamento sanitário e a drenagem urbana. Esse resultado é atribuído a inexistência, nas unidades II, III e IV, ou precariedade, nas unidades I, V e VI, dos referidos serviços básicos de saneamento na área de estudo. Nas unidades III, IV e V, a qualidade físico-química dos recursos hídricos superficiais também influenciou negativamente o resultado do ID<sub>SA</sub>.

De acordo com dados informados pela CAGECE em 2018, o único bairro da UA I que possui rede coletora de esgotos é o Aeroporto, com 39 % de atendimento. Ao se considerar a área total dessa unidade, o percentual de atendimento diminui para 20 %.

Na unidade II, todos os bairros possuem rede coletora de esgotos, porém em um percentual muito baixo, em torno de apenas 5 %. Na UA III, apenas o bairro Fátima é atendido parcialmente pela rede de esgotos, com apenas 11,7 %. Dos três bairros da UA IV, dois possuem rede coletora de esgotos, distribuída da seguinte forma: 20 % de atendimento no bairro Santa Tereza e apenas 1 % no Triângulo. Nas UA V e UA VI, por estarem localizados em áreas centrais, distantes, portanto, da periferia da cidade de Juazeiro do Norte, os percentuais de atendimento melhoram um pouco. Foi verificado 40 % de atendimento na UA V, distribuídos principalmente entre os bairros Romeirão (67 %), Franciscanos (45 %) e São Miguel (55 %). No bairro das Timbaúbas, o percentual de atendimento é de apenas 5%. Na UA VI, o percentual de cobertura da rede de esgoto é de 50 %, distribuídos de forma equitativa entre os bairros que a compõem (Pirajá, João Cabral e Pio XII).

A Figura 9 ilustra a situação geral de insalubridade decorrente da ausência e precariedade do sistema de esgotamento sanitário na sub-bacia das Timbaúbas.

Figura 9 – Situação do esgotamento sanitário das Unidades de Avaliação da sub-bacia das Timbaúbas.



(a) Bairro Brejo Seco



(b) Pt11-Vala por onde escoo o esgoto a céu aberto, infiltrando no solo e pavimentação coberta com solo carreado pelas chuvas, além de buracos em todo o percurso



(c) Efluente escoando para o riacho (APP do riacho das Timbaúbas)



(d) Av. Jose Bezerra com esgoto empossado, lavando a avenida



(e) Vala escoando esgoto doméstico vindo da rua São Mamede e desembocando no riacho dos Macacos



(f) Vala escoando esgoto doméstico vindo da rua São Mamede e desembocando no riacho dos Macacos

Fonte: (a) Landim (2017); Autora (b, c, d, e, f), (2018)

Com relação ao sistema de drenagem urbana, verifica-se que os déficits maiores ocorreram nas unidades I a IV. Nas unidades V e VI, apesar do serviço ainda ser de má qualidade, ocorreu uma elevação nos valores desse indicador. Esse resultado pode ser atribuído tanto ao fato da maioria dos pontos de coleta da observação ambiental, das UA V e UA VI, está localizada em áreas de maior altitude como também em decorrência dos maiores percentuais de atendimento dos serviços de esgotamento sanitário e de limpeza urbana terem sido obtidos, também, nessas unidades. O Pt25, por exemplo, que está na cota de 378 m, e localizava-se na UA IV, tem declividade de 2,37%, em relação ao Pt29, localizado na UA V, na cota 428 m Figura A (APENDICE V)

Ao se comparar as condições do sistema de drenagem desses dois pontos de coleta de dados, verifica-se que as piores condições da rede de drenagem foram obtidas no Pt25, principalmente no que se refere a obstruções de sarjetas e de galerias por esgotos, por sedimentos e por resíduos sólidos. Assim, pode-se inferir que a elevação nos valores do indicador em questão não está associada unicamente a melhoria da infraestrutura da rede de drenagem, mas também a declividade dos terrenos dos pontos de observação ambiental em cada unidade de avaliação, e a melhoria, mesmo que ainda limitada, dos serviços de esgotamento sanitário e de limpeza urbana.

De acordo com a Tabela 6, a drenagem urbana não pode e não deve ser considerada isoladamente no âmbito do cenário de desenvolvimento urbano, já que são inúmeras as interfaces desse setor com os sistemas de esgotamento sanitário, de gestão dos resíduos sólidos urbanos, de planejamento do uso do solo urbano, de transporte urbano e de conservação ambiental. Os impactos que ocorrem na drenagem urbana são, em primeiro lugar, consequência direta das práticas de uso do solo e da forma pela qual a infraestrutura urbana é planejada, legislada e implementada.

A Figura 10 mostra as precárias condições do sistema de drenagem urbana verificadas em pontos de coleta localizados em área de menores altitudes e em áreas desprovidas dos serviços de infraestrutura urbana.

Figura 10 – Visualização de obstruções de sarjetas e de galerias por esgotos, por sedimentos e por resíduos sólidos em pontos de observação ambiental localizados na UA VI.



(a) Pt15-Ggaleria obstruída com sedimentos carreados pelas chuvas (2017)



(b) Galeria de drenagem na av. Jose Bezerra cheio de resíduos sólidos



(c) Pt20-Meio fio com esgoto obstruído, danificando a pavimentação



(d) Trecho do riacho das Timbaúbas na Av. Virgílio Távora

**Fonte:** Autora (2017)

Quanto à qualidade dos recursos hídricos superficiais, o fato de terem sido obtidos valores muito baixos nas unidades III, IV e V pode ser explicado pelo já citado anteriormente, acerca dos riachos dos macacos e Timbaúbas serem perenizados com efluente domésticos, uma vez que o sistema de esgotamento sanitário é precário ou inexistente em muitos dos trechos, os quais são cortados por ambos riachos. Associado a isto, também se atribui a localização dos pontos de coleta das amostras de água para essas Unidades.

É importante ressaltar que os resultados obtidos para a UA I e II foram menos ruins pelo fato de terem 1 ponto de coleta para ambas UA localizados em áreas com pouca

influência antrópica, logo a contribuição de esgoto não ocorre pontual, e um outro ponto em área bastante antropizada com descarga pontual de efluentes, diferente das UA III, IV e V.

A exemplo disso, dentre as seis campanhas realizadas, a média percentual de oxigênio dissolvido (OD) saturado foi de 4,9 no Pt2 (UA I), enquanto que Pt1 (UA I) teve média percentual de OD saturado de 79,25. O fato de os resultados terem sido agregados por variáveis dentro as UA, resultou numa média final de % de saturação de OD 51,15. Semelhante ocorreu para a UA II o que elevou o resultado do IQA físico-químico da água.

Enquanto que para as UA III, IV e V, isso não ocorre, pois, os pontos de coleta para as amostras de água recebem contribuição pontual de esgoto, tendo como exemplo o mesmo parâmetro, para os pontos desta UA, o OD foi zerado em todas as campanhas, confirmando o que foi observado em campo, o escoamento pontual de esgoto para o leito dos riachos. O Pt5 por exemplo, situado na APP do riacho das Timbaúbas, encontra-se bastante antropizado, estando toda a montante deste é edificado e o Pt6 tem todo o seu entorno também edificado, ambos trechos são desprovidos de esgotamento sanitário, potencializando para a má qualidade, uma vez que findam por escoarem nos canais naturais de drenagem.

A Embrapa (2001) define que uma porcentagem de OD saturado adequada para um corpo aquático e crescimento da maioria das espécies, deve estar entre 60 e 79 % e excelente para o desenvolvimento de qualquer espécie o % de saturação do OD for de 80 a 125 %.

Com a inexistência de esgotamento sanitário, os efluentes geralmente são lançados nos sistemas de drenagem, causando a má qualidade dos recursos hídricos (BORJA,2003). As Figura 11 expõe as condições de saneamento que se encontram nos pontos de coleta das amostras de água para as Unidades.

Figura 11 – Pontos de coleta das amostras de água.



(a) Pt1 – Lagoa Mata dos Lima - Barbalha



(b) Pt2 - Exutório da sub-bacia



(c) Pt3 Lagoa na Betolândia vala escoando esgoto



(d) Pt4-Poluição pontual com esgoto pelas tubulações da drenagem



(e) Pt5-Análise de de de campo



(f) Pt5-À jusante





(g) Pt6 -Coleta de água

Fonte: Autora (2018)



(h) Pt6-OD realizada em campo

A carência de uma rede coletora de esgoto das UA citadas compromete a qualidade ambiental sobre todos os aspectos de ordem ambiental, social, estética, de saúde, etc. Kling (2005) cita que a degradação de bacias ocorre por um conjunto de elementos existentes com mau funcionamento, dentre estes e mais graves estão os elementos de saneamento básico que são inexistentes em muitas das vezes e quando existente, são operados irregularmente.

A autora cita que a qualidade dos recursos hídricos em geral é comprometida pelo descaso e precariedade contínuo com a drenagem urbana ligada ao esgotamento sanitário, a presença constante dos resíduos sólidos dispostos inadequadamente que afetam diretamente a qualidade ambiental da bacia e das pessoas (KLING, 2005). É notório que o saneamento ambiental define e limita a qualidade ambiental. Assim, os resíduos sólidos se apresentaram dentre os indicadores de saneamento o menos ruim, assumindo valor mediano, porém, esses resultados afirmam que este serviço seja de fato efetivo e desempenhe devidamente todas suas funções de limpeza pública.

Foi identificado que a UA I e II não são contempladas com todos os serviços públicos de limpeza, por exemplo a coleta de lixo em boa parte destas Unidades (Brejo Seco, Campo Alegre, Mata dos Lima e dos Duda e zona rural - UA I) ocorrem entre uma (1) e duas (2) vez por semana, a varrição é inexistente. Segundo a empresa responsável pela prestação dos serviços de limpeza, para os bairros citados, os serviços limpeza urbana se resume a retirada de entulhos diversos dos espaços aberto, podendo haver um intervalo médio de tempo de até cinco (5) meses entre um evento e outros. Semelhante situação ocorre nos bairros Frei Damião e Jardim Gonzaga da UA II.

No entanto, foram observados quanto aos aspectos estéticos ambientais de cada UA e foi esta variável que fez o diferencial para a UA I. Por ser uma área com aproximadamente 50 % de seu território não urbano e baixa densidade populacional, por conseguinte não assume a degradação em termos de higienização e salubridade dos espaços abertos como vias públicas e/ou terrenos baldios tão eminente, assim como se encontra e com muita frequência nas áreas, cujas densidades populacionais sejam mais elevadas. Assim constatou-se que a variável aspecto estético ambiental foi definidora do indicador de limpeza o elevando na UA I.

Por outro lado, se não fez decair os resultados desse indicador, contribuiu para que o resultado não fosse melhor para as demais Unidade de Avaliação.

Não se pode negar que as Unidades de Avaliação, cujas localizações sejam mais centralizadas, distantes das periferias, tendem a ter um atendimento dos serviços públicos de limpeza com maior assiduidade. A exemplo disso tem a UA V e VI, em que tem parte de seus bairros atendidos diariamente com a varrição de rua e coleta de “lixo” (Franciscanos, Romeirão e São Miguel – UA V e Pirajá – UA VI). Este fato resultou na melhor posição do indicador de limpeza para estas duas Unidades.

Todavia, mesmo os serviços de limpeza sendo mais efetivos nas Unidade de Avaliação mais distantes da periferia, continua com aspecto degradante da paisagem, deixando por vezes os espaços insalubres, especialmente, devido à disposição inadequada de resíduos sólidos.

A exemplo do exposto, o Pt25 da UA IV localizado bem a margem do riacho dos Macacos é favorecido com a falta de esgotamento sanitário e além disso, torna-se um depositário de resíduos, deixando o entorno desse ponto extremamente insalubre.

Vale lembrar que no seu entorno encontram-se alocados uma Unidade de Pronto Atendimento (UPA), um Unidade Básica de Atendimento à Saúde da Família (UBASF – PSF), esta também foi ponto de observação dos dados referente ao indicador de saúde, uma escola municipal e uma serigrafia, esta última está a uma distância aproximada de 50 metros no riacho, porém, o órgão ambiental nos informou que a mesma realiza o manejo dos seus resíduos corretamente, as demais instituições citadas, não foi possível identificar sobre o assunto.

A presença de resíduos sólidos dispostos inadequadamente é notória e preocupante, visto que é além de uma qualidade ambiental, é uma questão bem estar e de saúde pública. A maioria das pessoas se quer percebem o dano que se causa diariamente com suas ações

degradadoras do meio em que habitam. A Figura 12 aponta expõe os aspectos estéticos ambientais identificados em diversos das Unidades de Avaliação.

Figura 12 – Aspectos estéticos ambientais das Unidade de Avaliação da sub-bacia das Timbaúbas.



(a) Pt15-Disposição inadequada de resíduos e animais soltos nas ruas



(b) Pt12-Queimada de resíduos sólidos a margem da via pública



(c) Pt13-Sofá jogado juntamente com resíduos a margem da via pública



(d) Lateral do ponto de coleta, margem do riacho dos Macacos e lateral da via pública



(d) Pt25-Foto panorâmica local: montoados de resíduos sólidos e de construção civil

Fonte: Autora (2019).

Azevedo (2004) relata que os resíduos sólidos urbanos, quando dispostos inadequadamente causam uma série de impactos ao meio ambiente além de promover graves problemas de saúde pública. Sabe-se que a disposição inadequada de resíduos é um convite aberto a proliferação de insetos e roedores que não permanecem apenas no “lixo”, mas que chegam às residências. Além do aspecto visual negativo, presença de animais (cães e gatos), há ainda os odores, e material particulado quando realizada as queimadas.

Dessa forma, entende-se que os serviços públicos prestados às sociedades de acordo com seu contingente populacional podem ser menos ruins, porém, há significativamente um aumento da carga poluidora, por vezes o ambiente não consegue auto depurar. Nahas (2009) ressalta que este modelo de desenvolvimento foi fator contribuinte para as gigantescas concentrações urbanas e, por conseguinte, abissais níveis de poluição.

É necessário preservar os recursos hídricos e o uso do solo, além de contextualizar o cenário urbano não ignorando as necessidades da população e as transformações causadas ao ambiente (DIAS, GOMES e ALKMIM, 2011).

Com relação a pavimentação das vias públicas, para as UA I, II, III e IV os resultados foram pouco expressivos em relação as UA V e VI, isso se justifica em parte pela já citado para a drenagem urbana, visto que estes dois indicadores se integram de modo que a funcionalidade de um é reflexo da qualidade do outro. Entretanto, o resultado para esse indicador foi bem melhor comparando a drenagem, pois foi identificado em praticamente todos os pontos a presença desse serviço, embora em muitos tenha sido constatado a precariedade da pavimentação, que por vezes, esteve completamente dependente do sistema de drenagem urbana.

Almeida (1999) cita que é a qualidade da pavimentação em muitas das vezes se torna ruim devido ao sistema de drenagem, uma vez que os arruamentos e as edificações impermeabilizam o solo, diminui a infiltração e aumenta o fluxo das águas ocasionando diversos problemas, dentre eles, as possas d'água nas vias pública, associado a má qualidade da pavimentação é causa de muito buracos nas ruas.

Para a Unidade I o resultado mais baixo se caracteriza pelo fato de a pavimentação ser restrita em boa parte de sua área (zona rural) apenas em ruas de maior fluxo, ficando

desprovido as demais ruas secundárias, além de ter sido identificado muitos buracos, áreas alagadas<sup>17</sup> e lamacentas, mais evidenciado no período chuvoso, dificultando o tráfego local.

Quanto a UA V e VI, mais uma vez se destaca com a prestação dos serviços públicos, evidenciando que as áreas mais densas tendem a ter maiores “benefícios” em virtude de haver uma preocupação política em atender estes, uma vez que são os mesmos quem definem ou contribuem significativamente com quem assume a gestão das cidades, enquanto que as áreas menos povoadas, por vezes mais periféricas, além de sair mais oneroso a implantação e manutenção dos sistemas de serviços públicos urbanos, findam por serem marginalizado a estes.

É comum a inexistência de pavimentação das ruas mais afastadas do centro urbano. Esse um elemento essencial a todos os espaços urbanos e sua falta finda por desencadear outras precariedades, como a falta de segurança local, que se dá pela ausência de pessoas nesses espaços devido à carência da infraestrutura (RABAIOLLI e MENDVEDOVSKI, 2012).

Nahas (2015) cita que a pavimentação é um serviço básico urbano e o fato de existir com qualidade possibilita o acesso ao transporte público, assim como o transporte que realiza a coleta de “lixo”, elevando o nível de qualidade ambiental local.

A Figura 13 mostra a pavimentação das ruas e avenidas das Unidade de Avaliação.

Figura 13 – Pavimentação das Unidades de Avaliação da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas.



(a) Pt8-Trecho da rua Paizinho Sabia



(b) Pt11-Pavimentação toda danificada da rua

---

<sup>17</sup> Acumulação rápida de águas em determinadas áreas, cuja causa geralmente se dá por falhas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial (OLIVEIRA, 2016).



(c) Pt2-Rua Profª Vaneide Bezerra paralela à Ten. Raimundo Rocha

principal de acesso ao bairro Mata dos Lima



(d) Pt9-Sítio Mata dos Araçáis (40 m da estrada do Baixios do Palmeiras)



(e) Pt18-Início de processo erosivo no canal de drenagem natural que corta a rua Beato Lourenço



(f) Pt18-Trecho de uma rua totalmente esburacada, cheia de capim e ervas rasteira



(g) Pt18-Meio fio obstruído com sedimento formando poça d'água na rua e causando buracos na pavimentação



(h) Pt28-Pavimentação em melhor estado

**Fonte:** Autora (2018)

O indicador de APP apresenta a falta de preservação e conservação destas, considerando a vegetação (árvores e arbustos). As lagoas inseridas nas UA I e II não tem suas APP definidas pelo órgão ambiental, igualmente não há uma fiscalização nem controle das

atividades antrópicas destas, de modo que, o SNUC e o Novo Código Florestal são totalmente negligenciados.

A APP do riacho das Timbaúbas tem área total é de 24,05 hectare, sua extensão corta as três Unidades (I, II e III), com os seguintes trechos em Km, UA I, UA II e UA III, 0,61, 0,99 e 2,0, respectivamente. Esta APP tem apenas 32 % de sua área preservada, Figura 14.

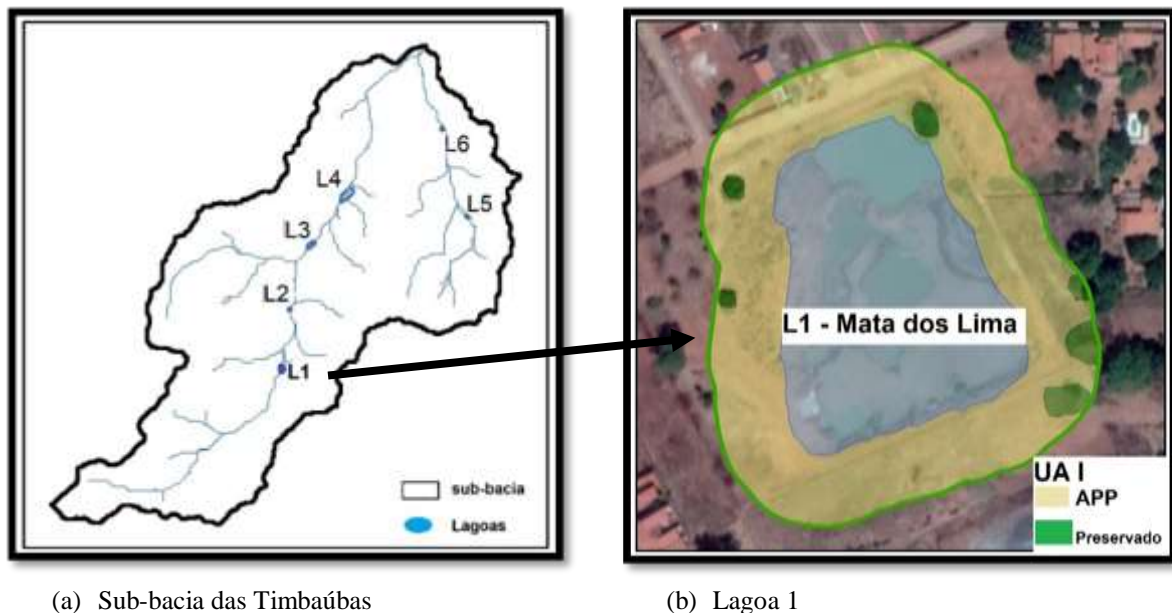
Figura 14 – APP do riacho das Timbaúbas



**Legenda:** UA I (Bairro Aeroporto); UA II (Bairro Leandro Bezerra); UA III (Bairros Fátima, Novo Juazeiro e Tiradentes). **Fonte:** Autora (2018)

A UA I tem uma lagoa que foi o Pt1 para as coletas das amostras de água. Essa lagoa como já citado sobre o  $I_{RH}$  apresentou uma qualidade boa de água, não demonstrando haver poluição por efluentes de forma pontual, mas quanto a APP da mesma se encontra com apenas 5 % de sua área preservada. Figura 15.

Figura 15 – APP da Lagoa 1 na UA I



(a) Sub-bacia das Timbaúbas  
**Fonte:** Autora (2018)

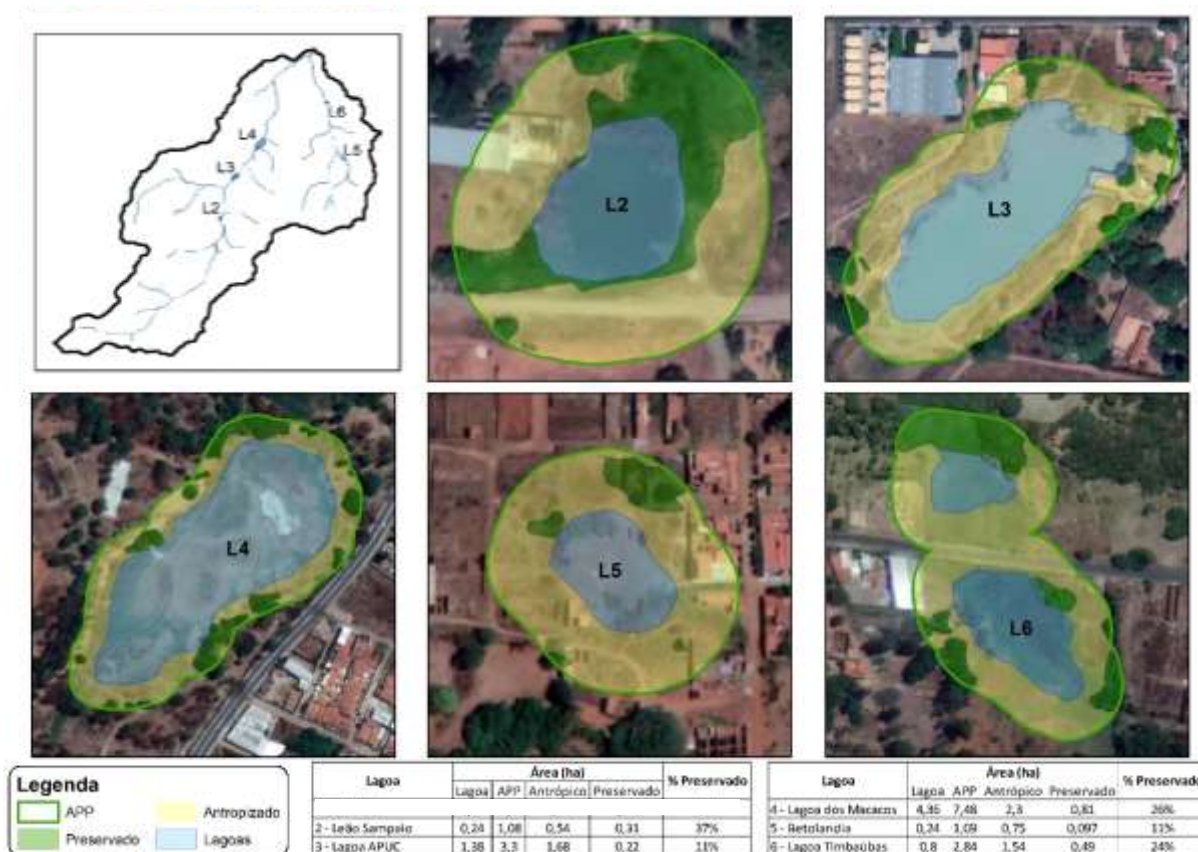
(b) Lagoa 1

O fato da APP desta lagoa estar muito degradada contribuiu para o resultado do indicador, mostrando que há uma necessidade de ações efetivas de preservação e conservação da UC uma vez que são reguladoras da infiltração, assim como da qualidade dos recursos hídricos e qualidade ambiental.

A UA II tem, além do trecho da APP do riacho das Timbaúbas, quatro (4) lagoas que se encontram também com pouca área preservada, Figura 16.



Figura 16 – APP das Lagoas da UA II.



Fonte: Autora (2018)

Observa-se que as áreas preservadas das APP são bem poucas, porém, o resultado da média ponderada de todas as APP contribuiu para o resultado inferior ao obtido para o indicador APP da UA. De forma semelhante ocorreu com a UA III, pois não havia outra APP que fosse ponderada com a APP do riacho das Timbaúbas, assim, permanecendo o valor equivalente ao nível estabelecido no Quadro 7 para este indicador

Entretanto, de modo geral percebe-se que é de extrema urgência a preservação e conservação de toda as APP, visto que todas se encontram com alto grau de degradação e são de grande importância para a manutenção da qualidade dos recursos naturais e ecossistemas.

Trombeta (2015) cita que as APP são essenciais à preservação dos cursos d'água e sua degradação potencializa a fragilidade destes ambientes a processos erosivos, acelera o assoreamento e, conseqüentemente, diminui a quantidade e qualidade das águas.

É evidente que todas as APP estão bastante antropizadas, a L2, por exemplo, apresenta 37 % de sua área preservada, no entanto, desemboca de forma pontual esgoto doméstico na mesma. A L4 está inserida nas Unidade de Conservação (UC) Parque Natural Municipal das Timbaúbas e a L6 está margeando a APP do riacho das Timbaúbas, estas duas lagoas aparentam melhor qualidade ambiental do ponto de vista da vegetação com 26% e 24% de preservação, respectivamente. Todavia, estão expostas a constantes impactos oriundos das atividades antrópicas, haja vista estarem localizadas em área urbana consolidada. A Figura 17 mostra as fragilidades identificadas para esta APP.

Figura 17 – Fragilidades das APP nas UA I, II e III.



(a) APP L6



(b) APP do Riacho das Timbaúbas



(c) Área da L4 no Parque Natural Municipal das Timbaúbas



d) L2



e) L5



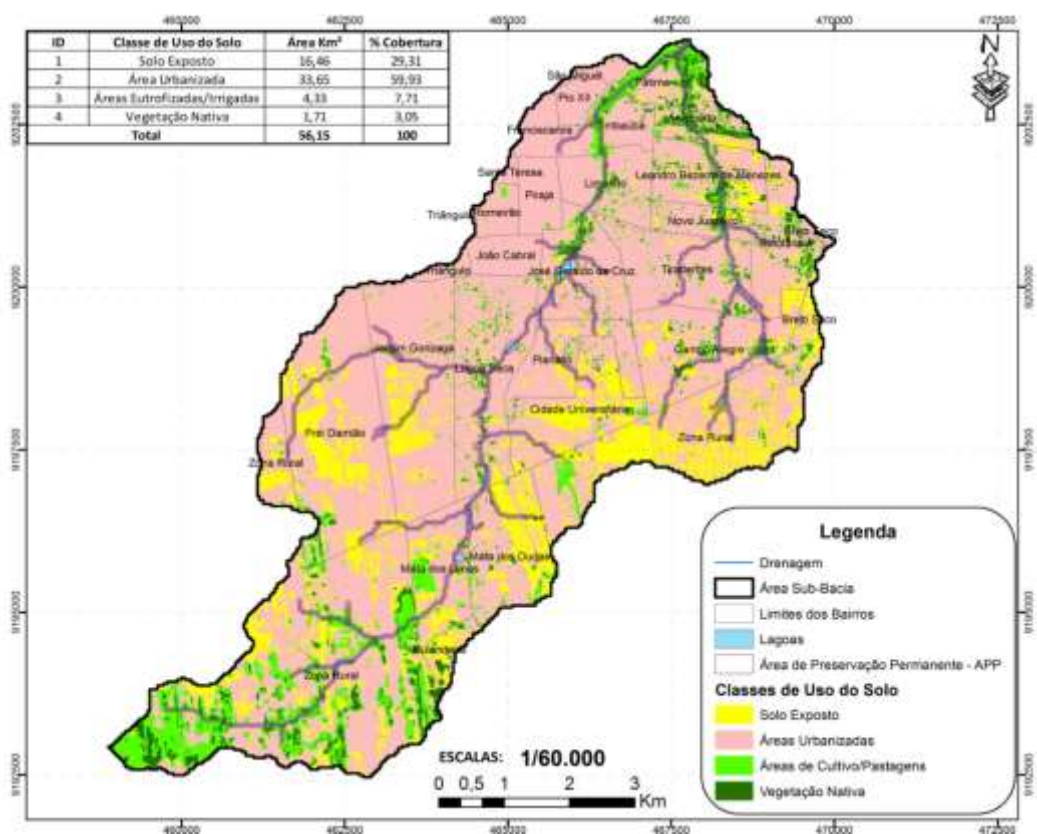
f) L4

**Fonte:** Autora (2018)

Tucci e Mendes (2006) destacam a necessidade de preservar as APP, visto que o desmatamento é o fator este mais impacta negativamente na qualidade das bacias hidrográficas.

Corroborando as fragilidades, a sub-bacia como um todo, tem uma área de solo exposto de 28,29 % da área total, o que nos faz depreender que a qualidade ambiental da mesma se encontra bastante degradada. Para a obtenção dessa informação foi realizada a classificação de imagem nas categorias: urbanização, solo exposto, cultivo/pastagem e vegetação nativa, usando imagens de satélites (Land-sat 8) e utilização das ferramentas de geoprocessamento. A Figura 18 mostra a área de solo exposto para a sub-bacia das Timbaúbas.

Figura 18 – Área de solo exposto da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas.



Fonte: Autora (2018)

Outro agravante para é o intenso mercado imobiliário que cresce acelerado e não respeita os limites dos canais de drenagem, nem tão a necessidade da vegetação para manutenção da qualidade dos recursos naturais, assim da qualidade ambiental. A Figura 18 confirma a expansão urbana na área da sub-bacia, aumentando a área de solo exposto.

Figura 19 – Área de solo exposto da UA II



(a) Área de loteada no bairro Frei Damião



(b) Área loteada no Jardim Gonzaga



(c) Área em processo de terraplanagem – Jardim Gonzaga



(d) Foto panorâmica da rua Manoel Tavares. As setas apontam para os piquetes do Loteamento Buriti

Fonte: Autora (2018)

O indicador relacionado aos serviços públicos de abastecimento de água ( $I_{AA}$ ) foi considerado apenas os dados informados pela CAGECE. Dessa forma, o  $I_{AA}$  para a UA I, UA II, UA III e UA IV forma similares pode se dizer, representando um percentual de atendimento de 75,8, 74,1, 78,8 e 76,6 %, respectivamente. Enquanto que as UA V e VI tem um atendimento de 82,1 e 81,1 %, respectivamente.

Percebe-se com isto que o atendimento desse serviço é bom, embora, não seja efetivo e homogêneo para todas as Unidades, e confirma mais uma vez que as UA V e VI são as mais beneficiadas. Este fato pode ser justificado pelo já exposto, para os resultados de outros serviços públicos urbanos para estas Unidades.

Com relação a áreas de lazer, foi identificador que a UA I não existe nenhuma área de lazer, justificados pelo resultado obtido para este indicador.

As UA IV e VI tem seus resultados justificados por apresentarem em ambas cinco (5) praças de lazer, no entanto, tanto a UA IV tem apenas duas dessa praças com melhores condições de lazer, as outras três (3) existem mas não atendem a função de uma área de lazer com a devida infraestrutura adequada (espaço para atividade física, rampas de acessibilidade, iluminação boa e calcamento plano e antiderrapante) além da circulação de pessoas por estas o que caracteriza a segurança do local como a UA VI.

As UA III e V foram as melhores com cinco (5) e três (3) praças, respectivamente, das quais se observou que os elementos falhos nas praças das UA IV e VI estavam presentes nestas, embora não tenha sido identificado para todas as praças as mesmas qualidades, mas foram observados melhores aspectos de qualidade, além, inclusive da presença de guardas municipais em algumas delas. A figura 20 apresenta as áreas de lazer do tipo praça nas Unidades de Avaliação da sub-bacia das Timbaúbas.

Figura 20 – Áreas de lazer da sub-bacia das Timbaúbas



(a) UA II



(b) UA II



(c) UA II



(d) UA III



(e) UA III



(e) UA III



(f) UA II e V



(g) UA V



(h) UA VI



(i) UA VI



(j) UA VI



(k) UA VI

Fonte: Autora (2019)

Dentre as praças que não foi identificado iluminação ou circulação de pessoas, considerou-as como inseguras, sendo consideradas as mais negativas dentre as variáveis observadas. Com esta característica foram observadas praças na UA VI e IV, o que justifica pelos resultados.

Segundo Bondaruk (2014), “a iluminação pública é inibidora natural do delito”. Quando se tem um espaço de lazer com boa infraestrutura, com iluminação e equipamentos urbanos atraentes a população, finda por ser mais movimentado e promotor de maior segurança.

Quanto a dimensão político-institucional, em análise dos resultados da Tabela 6, verificou-se que os valores de seus indicadores foram mais elevados do que os obtidos para os indicadores socioambientais. Esse resultado corrobora com a ideia de que, com a intensificação da urbanização de uma determinada área, é natural o aumento gradativo dos índices que compõem sua política institucional. E, em sentido contrário, uma diminuição dos índices socioambientais.

A UA I foi a única com nível de satisfação da qualidade ambiental insatisfatório, classe C, as UA II, III e IV forma classificados como satisfatório e assumem a classe B e as UA V e VI obtiveram nível de satisfação ótimo, classe A.

Os indicadores que mais contribuíram para a condição insatisfatória da UA I foram os de segurança e iluminação pública e mobilidade urbana. Este último tendenciou o resultado inferior para todas as Unidades, sendo menos negativo nas UA V e VI, fortalecendo a ideia de que as áreas mais densas dispõem de melhores e mais efetivas políticas institucionais, associado a localização central destas Unidades. Na UA II o indicador iluminação também contribuiu, interferindo na elevação dos resultados, associado a iluminação o indicador saúde foram mais baixos na UA III, enquanto que o indicador educação limitou a elevação da dimensão político-institucional para as UA IV e VI, a UA III.

Sobre o indicador mobilidade urbana se justifica nas UA I e II por não ser um serviço efetivo em toda área destas Unidades, por vezes, restringindo a população de circular entre os bairros e cidades.

A área mais comprometida pela falta desse serviço na UA I é a zona rural onde a circulação do transporte coletivo é de apenas duas vezes ao dia e nos bairros Brejo Seco e Campo Alegre são, este último, segundo informações cedidos pela a empresa, essa ausência



decorre das condições de infraestrutura das ruas que praticamente inexistem. O Brejo Seco o transporte não adentra muito no bairro, limitando apenas a rua principal (Manoel Piraca). Os bairros Mata dos Duda, Bulandeira e Mata dos Lima, por margem a avenida intermunicipal Juazeiro-Barbalha Leão Sampaio, tornam-se favorecidos positivamente.

Os bairros Planalto e Cidade Universitário o transporte coletivo se restringe aos dias letivos, visto que os serviços de transporte coletivo são voltados especificamente para este público. Na UA II tem os bairros Jardim Gonzaga e frei Damião também são deficitários desses serviços. Na UA III e IV, os bairros Tiradentes e Triângulo são os mais atingidos pela deficiência dos serviços, porém, em menor grau comparado a UA I e II.

É importante citar que, associado a carência do transporte público, está a infraestrutura dos mesmos que não dispõem em sua totalidade da acessibilidade para pessoas com deficiência física. A empresa informou que todos os ônibus dispõem de elevador e o devido acesso a cadeirante, porém, funcionam a base de um sistema de sensor, visto que é extremamente sensível até aos quebra-molas das ruas, o que causa a fragilidade do atendimento a essas pessoas.

Esse fato se confirma uma vez que foi identificado que a pavimentação da maioria das ruas das UA I, II, III IV são bastante falhas e precárias até, por vezes não dispõem de iluminação nas paradas de ônibus, contribuindo para a insegurança local.

A figura 21 mostra algumas paradas de ônibus das Unidades citadas.

Figura 21 – Paradas de ônibus das Unidades de Avaliação citadas.



(a) Paradas de ônibus no Brejo Seco



(b) Parada de ônibus na av. Leão Sampaio



(c) Parada de ônibus bairro Triângulo



(d) Para de ônibus no bairro Fátima



(e) Parada de ônibus na Betolândia



(f) Parada de ônibus do Tiradentes

**Fonte:** Autora (2018)

A Política Nacional de Mobilidade cita que este serviço deve ser uma prioridade no planejamento das cidades, considerando que a mesma proporciona a integração entre os diversos espaços urbanos, assim garantindo a sustentabilidade e desenvolvimento econômico, além de proporcionar uma melhor qualidade de vida a população.

Quanto a infraestrutura urbana voltada para a acessibilidade, não existem nenhum tipo de acessibilidade (rampas de forma alguma, muito menos piso tátil) em nenhuma das paradas de ônibus. Além disso, alguns bairros não são muito movimentados, aumentando ainda mais a insegurança local

Com relação ao indicador iluminação pública para a UA I, ocorre principalmente pelo o fato de praticamente metade de sua área ser considerada rural, sendo que na zona rural é comum a iluminação pública se restringir as principais ruas de acesso ou apenas em alguns postes. Acredita-se que este indicador iluminação tenha corroborando com o indicador

segurança pública, visto que apresentou uma incidência de criminalidade muito alto para a UA I.

O resultado nulo para o I<sub>SeP</sub> representa que a incidência de criminalidade nessa UA superou 1.000 caso por 100 mil habitantes no ano de 2017. Essa incidência representou 94 casos de crimes por roubos em 2017, dados obtidos pelo Ciops Ce.

Afirmando a citação acima, Almeida (1999) pesquisando sobre a salubridade ambiental em favelas urbanizadas de São Paulo, cita que a iluminação pública é um serviço essencial as boas condições de segurança pública. Quanto mais iluminados as áreas, maior circulação dos moradores e menores são os índices de criminalidade. O autor ressalta que vias públicas bem iluminadas transforma a vida dos habitantes de uma cidade, essencialmente sob a ótica da segurança no período noturno, sendo, portanto, fundamental em todas as áreas habitadas.

As demais Unidades de Avaliação apresentaram valor bem melhor em relação a UA I, mas, ainda assim o número de casos de crimes de violência por roubo e crimes violentos letais intencionais são bastante expressivos, a citar por exemplo, a UA II obteve-se uma incidência de violência de 707,4. Isso representa um total de casos 222 casos de roubos, 31 casos de crimes letais intencionais e 1 caso de violência sexual, com boletim de ocorrência, ocorrida no ano de 2017.

Bondaruk (2014) cita que a iluminação pública é elemento essencial e, por si só, inibidor da violência, uma vez que as ruas quando iluminadas e bem estruturadas, são atrativas a sociedade transitar com maior frequência, do contrário, tornam-se isoladas e promotoras de possíveis delitos.

Em 2016 o Ceará apresentava uma taxa de homicídio de 38,9, enquanto Juazeiro do Norte apresentava 52,2, taxa de homicídio mais mortes violentas intencionais, estando entre os 123 municípios brasileiros que correspondem por 50% das mortes violentas no país (CERQUEIRA, 2018).

Dessa forma, é urgente a necessidade de que as autoridades policiais juntamente a gestão pública desenvolva programas e políticas de valorização da vida.

As Unidades de Avaliação IV e VI obtiveram os resultados para o indicador educação inferiores as demais Unidades, isso decorre do fato de que, as entidades escolares observadas não atenderem as legislações, as quais contribuem para melhoria da qualidade educacional.

Uma carência efetiva ocorre na UA IV do atendimento educacional especializado, contando apenas com 04 cuidador escolar quando há na escola 11 alunos com necessidades especial, outro agravante é o número médio de aluno por turma (52 alunos).

Na UA VI essa realidade também se verificou, visto que há na escola 600 alunos distribuídos em 13 turmas de ensino fundamental I, 12 são alunos com necessidades especiais, sendo que a escola não dispõe do atendimento educacional especializado de forma alguma, nem se quer o cuidador escolar.

Lima e Carneiro (2016) expõem que a educação inclusiva surge da necessidade em incluir as pessoas com deficiências, transtornos globais do desenvolvimento e superdotação na escola regular, todavia, são muitos os obstáculos enfrentados para que se efetive a inclusão na sociedade como um todo. Os autores relatam que muitas crianças com necessidades especiais findam por abandonar a escola pelo fato de não serem bem recebidas, omitindo um direito para estas crianças.

Batista (2007) fala que uma vez superado estes desafios a escola provoca uma melhoria na qualidade da educação básica e superior, haja vista, estes alunos poderem exercer seus direitos à educação em sua plenitude.

Assim, é preciso que a secretaria de educação municipal, trace objetivos, metas e ações para efetivar e garantir a inclusão nas escolas regulares, por conseguinte, exercer o direito cidadão para estas pessoas que terão suas vidas transformadas e plena enquanto conhecimento educacional.

Em relação a estrutura física da escola, identificou-se o espaço restrito para recreação e sem sombreamento, além da carência de estrutura de acessibilidade.

Monteiro e Silva (2015) pesquisaram a relação infraestrutura e aprendizagem e identificaram que salas muito pequena e/ou turmas quando superlotadas (ensino fundamental 30 alunos e ensino médio com 45) tornam a dinâmica das aulas restrita, as vezes comprometida, haja vista a limitação do professor em circulação entre os alunos, sem contar que alunos muito próximos acabam por ficarem desatento, devido a facilidade de conversação entre os mesmos, como consequência, compromete o entendimento do conteúdo.

Contribuindo com o exposto, Soares e Sátryo (2008) citam que os insumos escolares, como uma boa infraestrutura, número médio de alunos por turma, docentes com formação

superior, espaço para recreação, dentre outros, todos são elementos essenciais para uma boa educação e que melhoram significativamente a qualidade do ensino aprendizagem.

Dessa forma, percebe-se a necessidade de investimentos na da infraestrutura das escolas municipais dessa UA. Não se pode vislumbrar o alcance de um determinado Indicador quando alunos e professores toleram por horas em uma sala de aula que não oferece o básico como o número de alunos adequado para a mesma, em termos de espaço físico e de atendimento professor versus aluno.

É preciso enfatizar que a Educação é a base fundamental para o desenvolvimento sustentável em qualquer dos setores, ambiental, saúde, social, econômico, cultural, etc. Soares e Sátryo (2008) nos diz que são inúmeros os limites impostos pela uma má qualidade na educação, que as relações poder ser potencializadas positivamente ou negativamente a partir de uma educação, assim é necessário investir na qualidade da educação que irá refletir na qualidade de vida das pessoas.

Pozo (2013), cita que a educação de qualidade fecunda a cultura da cidadania, onde o impera o respeito a heterogeneidade urbana, configurando os deveres cívicos, políticos e sociais. Dessa forma, a qualidade ambiental urbana poderá ser avaliada, segundo o autor, sobretudo pela qualidade das relações sociais e das boas práticas com o meio urbano.

Quanto ao indicador saúde pública, a UA III não obteve um resultado muito satisfatório, uma vez que, a incidência média de doença compulsória foi 137,8 para o ano de 2017. Isso, sinaliza mais uma vez, a deficiência do sistema efetivo e de qualidade dos serviços de saneamento ambiental.

Outra condição que favoreceu o resultado para o indicador saúde foi a equipe de atendimento básico a saúde da família atendia parcialmente ao preconizado pela legislação<sup>18</sup> e *in loco* verificou-se que não atendia de forma alguma, pois a equipe médica constituía-se de 1 médico, 2 enfermeiros e 10 agentes comunitária de saúde para atender uma população de 10.107 habitantes, o que culminou no valor tão baixo para essa variável e conseqüentemente para o resultado do I<sub>SaP</sub>.

Dados estatísticos da demografia médica no Brasil, mostra a razão médico versus população de 2,18 a nível nacional, para o estado Ceará essa razão é de 1,40 (SCHEFFER, 2018). Para a UA III, considerando os dados obtidos pela secretaria de saúde, a razão é de

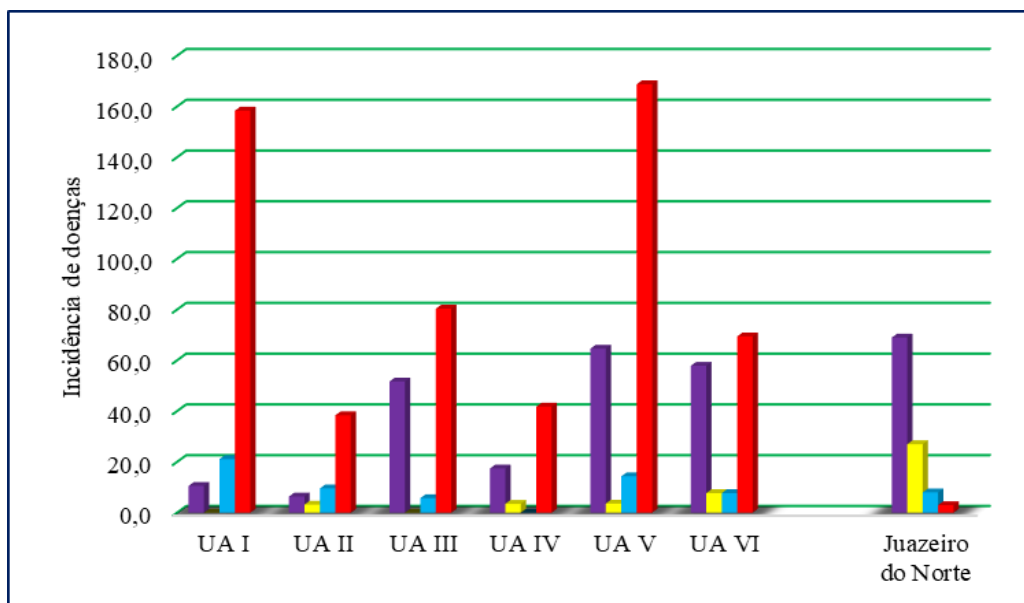
---

<sup>18</sup> Portaria do Ministério da Saúde nº 2.488 de 2011

1,72 e para a UBSF observada na UA III, a razão é de 10.107, ou seja, é muito deficiente o sistema de saúde dessa população desse bairro. Todavia a secretaria de saúde informou que há médicos diariamente atendendo a população dos bairros que se encontram descobertos<sup>19</sup> pelo PSF no Hospital Municipal.

Para a UA V a incidência de doenças compulsivas, dengue, leishmaniose tegumentar, leishmaniose visceral e chikungunya foi de 64,6, 3,6, 14,4 e 168,8, respectivamente, um total de 70 casos notificados pelo centro de epidemiologia do município Juazeiro do Norte em 2017, ou seja, uma média de incidência 251,4, superior à do município. A Figura 22 aponta a UA V como detentora de maior incidência das doenças compulsórias dengue e chikungunya da sub-bacia.

Figura 22 Incidência de doenças compulsória na sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas.



**Fonte:** Centros de Epidemiologia de Juazeiro do Norte. **Elaboração:** Autora (2018)

No entanto, não se pode negligenciar a saúde, uma vez que o número de caso de doenças compulsórias para o ano de 2017 foi elevado (24 casos confirmados). Para o 1º semestre de 2018 não houve registro pela secretaria municipal de saúde (SMS) de casos de doenças compulsória o que se permite acreditar que houve uma melhora para esse caso específico.

<sup>19</sup> Não está dentro dos limites da área UBASF – termo utilizado pela coordenação dos PSF.

Corroborando com as condições de saúde para as Unidades III e V, Malheiro (2013) legitima o exposto quando cita sobre a urbanização de Juazeiro do Norte, a qual contribui para uma má qualidade ambiental e o agravamento da saúde, o autor expõe sobre a falta de saneamento básico nos bairros menos favorecidos economicamente, aumentando a degradação das áreas não construídas e culminando em doenças infecciosas emergentes.

Silva, *et al.* (2015) em pesquisa realizada sobre educação sanitária em Juazeiro do Norte identificaram que parte da população desconhece sobre o saneamento básico, no caso específico de esgotamento sanitário num total de 115 pessoas entrevistadas, apenas 12 sabiam a diferença entre sistema de drenagem e de esgotamento sanitário e reconheciam que a galeria pluvial, afirmando que a falta de conhecimento, em parte da população, coopera com o estado de saúde ambiental das Unidades.

Teixeira, *et al.* (2016) correlacionaram as endemias (Leishmaniose visceral e tegumentar, dengue e diarreia), ocasionadas em decorrência das condições de sanitárias e hábitos da população para o município de Juazeiro do Norte no período 2011 a 2015.

Confirmando a assertiva acima Menezes (2017) identificou 100% de salubridade média para os bairros Limoeiro e Santa Tereza. Obteve para ambos bairros o indicador de esgotamento sanitário a margem dos riachos valor nulo, prevalecendo o esgoto a céu aberto.

É importante ressaltar que, são uma gama de elementos e fatores, pode-se destacar dentre estas, as questões de saneamento ambiental, a carência de vegetação para mitigar alguns dos impactos oriundos das atividades antrópicas, associado a falta de conhecimento da população e a ausência de políticas públicas efetiva e sentimento de pertencimento, que de forma integrada, culminam para a melhoria ou limitação da qualidade ambiental.

Todavia, o IQAmbiental predominantemente insatisfatório para 4 Unidade de Avaliação e apenas 2 satisfatória, responde pontualmente as dimensões socioambientais e político-institucional, identificando as fraquezas e potencialidades de cada uma para as Unidades avaliadas neste estudo.

De tal modo, para as falhas danosas a qualidade ambiental necessitam de maior atenção, além do desenvolvimento de práticas que visem sanar, ou se não, pelo menos mitigá-las, de modo que a qualidade ambiental seja efetiva e plena em suas dimensões.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Índice de Qualidade Ambiental da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas expõe uma qualidade ambiental de nível insatisfatório (C) para as Unidades de Avaliação I, II, III e IV. Estas unidades representam 93% da área total da sub-bacia. Os indicadores mostraram de forma pontual que são inúmeros os déficits encontrados nessas Unidades. Por outro lado, as Unidades V e VI (7% da área da sub-bacia) apresentam uma melhora e atinge o nível satisfatório (B) para a qualidade ambiental.

Todavia, os indicadores correlatos ao saneamento ambiental são os mais graves, nas UA I, II, III e IV, destacando os serviços de esgotamento sanitário, drenagem urbana, por vezes como inexistentes e pavimentação. Associado a este último encontra-se muito deficiente também os serviços de mobilidade urbana, que aponta muita similaridade entre todas as UA.

Em se tratando de qualidade ambiental, agregando e ponderando indicadores percebeu-se que há muitas fragilidades dos próprios indicadores, além da necessidade de incorporar indicadores de acompanhamento das políticas públicas socioambientais e político-institucionais por parte do poder público e sociedade de modo a acompanhar o desenvolvimento urbano coligado a proteção e recuperação dos sistemas naturais com qualidade ambiental.

Dessa forma, acredita-se que a melhoria do nível de qualidade ambiental obtido para as UA V e VI tenha sido favorecidas pelo fato da localização topográfica (cotas altimétrica mais elevadas) que viabiliza melhorias da infraestrutura, portanto, inibindo a ausência de obstruções nos canais, meio fio e galerias de drenagem, igualmente presença de esgotos “lavando” as vias públicas, como foram observados em outros pontos de coleta das UA I, II, III e IV. Associado a estes fatores, existem, com mais efetividade a aplicação das políticas públicas institucionais voltadas para o desenvolvimento dessas áreas, cujas densidades populacionais são maiores, tornando as UA V e VI com maior e mais assiduidade no atendimento a prestação dos serviços públicos.

Vale ressaltar que as UA V e VI não são, em sua totalidade as melhores condições de saneamento ambiental, pois há bairros destas Unidades em condições análogas encontradas



nas demais Unidades, uma vez que nenhuma das Unidades apresentaram tamanha homogeneidade dentro da própria Unidade.

Foi identificado para a UA I um alto índice de criminalidade, juntamente com uma precariedade da iluminação pública e ausência de áreas de lazer; uma péssima qualidade para os recursos hídricos superficiais das UA III e VI e V; uma educação deficitária quanto aos aspectos legais que norteiam uma educação de melhor qualidade nas UA IV e VI, enquanto que, para o indicador de saúde aponta a UA III com maior carência.

A sub-bacia tem 28,59 % de solo exposto, as APP se encontram com percentual superior a 50 % de degradação, os riachos dos Macacos e das Timbaúbas são perenizados com esgotos domésticos, intensificando essa realidade nas UA II, III, IV, V e VI e, ainda tem parte dos seus cursos naturais de drenagem aterrado devido a urbanização que não respeita os limites dos cursos naturais das águas. Todos esses elementos são potencialidades contribuintes do desequilíbrio ambiental e má qualidade ambiental da sub-bacia.

Ficou evidenciado a falta de políticas públicas em todas as Unidades de Avaliação, assim como, ações transformadoras e equalizadores dos inúmeros déficits que limita a qualidade ambiental e de vida da população.

É prudente observar que apesar de os resultados apresentarem coerência, não cõngrua todos os aspectos que classificam a qualidade ambiental, uma vez que houveram muitas limitações para a realização desta pesquisa, dentre elas o tempo que foi limitante no limiar das coletas dos dados e o acesso as informações públicas e privadas, as quais foram essenciais e por vezes, inexistentes. É fato que não há um banco de dados que possa subsidiar a pesquisa com fidedignidade das informações, visto que se quer existem e, quando existem, não o são alimentado com frequência, impossibilitando, a cessão destes dados.

Assim, entende a necessidade de aprofundamento desse estudo, de modo que seja possível esmiunçar as entrelinhas de cada indicador, atentando os métodos de agregação e ponderação dos dados, integrando sistematicamente as dimensões no contexto indivíduo e coletivo.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIKO, A. **Texto Técnico. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil.** Serviços Públicos Urbanos. São Paulo, p 3, 2011.

ADASSA. **Drenagem de Águas Pluviais - Publicações. Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU-DF).** Brasília, 12 de junho de 2016. Acesso: [http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=848:drenagem-de-aguas-pluviais-publicacoes&catid=74do](http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=848:drenagem-de-aguas-pluviais-publicacoes&catid=74do):< Acesso em: 12. Nov. 18.

ALMEIDA, J. R. F. de. **Transporte reativo de contaminantes nitrogenados em zonas vadosa e saturada na bacia do riacho dos macacos em Juazeiro do Norte – Ceará.** (Tese Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Fortaleza. 166f. 2015.

ALMEIDA, M. A. P. de. **Indicadores de Salubridade ambiental em favelas urbanizadas: o caso de favelas em áreas de proteção ambiental.** (Tese Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1999. 226p.

ALVES, J. B.; DENARNIN, V. F.; SILVA, C. L. da. Aproximações entre os principais indicadores de sustentabilidade e as alternativas ao desenvolvimento propostas por E. Leff. **RDE - Revista de Desenvolvimento Econômico. Ano XIII Nº 24 dez.** 2011 Salvador, BA.

ABRELP – Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL,** 2017.

ARRPYO, S. C. P. *Metodologias aplicables para la identificacyone valoracion de impactos.* In: *Avaliación de Impactos Ambientales.* **INERCO. Sevilla.** Dez. 2007.

AZEVEDO, M. de A. **Avaliação do risco à saúde da população vizinha às áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos: o aterro sanitário como cenário de exposição ambiental.** (Tese de Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos – SP. 2004.

BANDEIRA, T. O.; AQUINO, A. F. de. Infraestrutura e qualidade ambiental urbana: Uma avaliação de municípios do estado do Tocantins a partir de indicadores socioambientais. **OLAM – Ciência & Tecnologia – Rio Claro / SP, Brasil – Ano X, Vol. 10, n. 1, p. 6 Janeiro - Julho / 2010.**

BARBOSA, A.; JEREISSATI, T. **Panorama setorial da Internet – 17 objetivos para transformar nosso mundo: os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU.** Org. 2017

BARBOSA, F. A. *et al.* **Impactos antrópicos e biodiversidade aquática.** (Org). Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/4805227>> Acesso 20. Dez. 17.

BATISTA, C. A. M. **Educação inclusiva: atendimento educacional especializado para a deficiência mental.** [2. ed.] Cristina Abranches Mota Batista, Maria Teresa Egler Mantoan – Brasília: MEC, SEESP, 2006. 68 p.: il.

BEZERRA, F. N. **A aplicabilidade da Pegada Ecológica como Indicador de Sustentabilidade: um estudo de caso na cidade de Juazeiro do Norte.** (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. UFCA. 168 p. 2015.

BONDARUK, R. L. Segurança pública nos municípios. O papel do município na segurança do cidadão. **In: Bondaruk, R.L. Cartilha Nossos Municípios mais Seguro.** 2014. Disponível em: <[http://www.conseg.pr.gov.br/arquivos2/File/cartilhas/cartilha\\_mun\\_seguros.pdf](http://www.conseg.pr.gov.br/arquivos2/File/cartilhas/cartilha_mun_seguros.pdf)> Acesso em: 07. Jun. 18.

BORJA, P. C. **Avaliação da Qualidade Ambiental Urbana: Uma contribuição metodológica.** (Dissertação de Mestrado) 1997. 200p.: 1. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo /UFBA, Salvador – BA.

BORJA, P. C. **Política de saneamento, instituições financeiras internacionais e mega-programas: Um olhar através do programa Bahia Azul. Tese Doutorado. Universidade Federal da Bahia.** Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura, 2004. 400f.

BORJA, P. C. Indicadores de saúde ambiental com enfoque para a área de saneamento. Parte 1 – aspectos conceituais e metodológicos. **Rev. Eng. Sanitária e Ambiental. Vol. 8 - Nº 1 - jan/mar 2003 e Nº 2 - abr/jun 2003, 13-25.**

BRAGA, T. M.; FREITAS, A. P. G.; DUARTE, G. S.; SOUSA, J. C. **Índices de sustentabilidade municipal: o desafio de mensurar.** Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2004. Disponível em: <<http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD%20225.pdf>>. Acesso em: 12. Dez. 17.

BRAGAGNOLO, N. Planejamento do uso da terra em microbacias hidrográficas. **In: Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 136 – 169. 2010.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília. 2017. 514 p.

BRASIL – **Estatuto das Cidades.** Lei nº 10.257, DE 10 de julho de 2001.

BRASIL – **Lei e Diretrizes e Bases da Educação** (Lei nº 9.394 de 1996).

BRASIL - **Lei 12.651, de 25 de maio de 2012.**

BRASIL – **Manual do Saneamento Básico** – Instituto Trata Brasil. 2012. Disponível em: <[www.tratabrasil.org.br](http://www.tratabrasil.org.br)> Acesso em: 04. Nov. 18.

BRASIL – Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Saúde Ambiental: guia básico para construção de indicadores / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador** – Brasília: Ministério da Saúde, 124 p.: il. – (Série B. Textos Básicos de Saúde) 2011.

BRASIL – MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 176 p 2007.

BRASIL – **Novo Código Florestal Brasileiro**. Lei nº 12.651 de maio de 2012.

BRASIL – **Painel Nacional de Indicadores Ambientais – PNIA. 2012**. Referencial teórico, composição e síntese dos indicadores da versão-piloto. Coordenação-geral, textos e projeto gráfico Rui M. Azevedo Gonçalves. 2014.

BRASIL – **Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável**. Decreto nº 6.047, de 22 de fevereiro de 2007.

BRASIL – **Política Nacional de Parcelamento do Solo Urbano**. Lei nº 6.766 de 19 de dezembro DE 1979

BRASIL – **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Lei nº 9.433 de 1997

BRASIL – **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei nº 12.305 de agosto de 2012.

BRASIL – **Política Nacional de Saneamento Básico**. Lei nº Lei de nº 11.445 de 2007.

BRASIL – **Política Nacional de Mobilidade Urbana** (A Lei 12.587 de 2012) – Ministério das Cidades

BRASIL – **Portaria Nº 2.488, de 21 de outubro de 2011**. Ministério da Saúde.

BRASIL – **Projeto de Lei do Senado Nº 228, de 2014**.

BRASIL - **Projeto de Lei Nº 597-B, de 2007** (Jorginho Maluly).

BRASIL – **Sistema Nacional de Unidade de Conservação**. Lei nº 9.985 de 2000

BRASIL – **Seminário Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e os desafios para a Gestão da Água e do Saneamento no Brasil**. (Relatório) 2018.

BRASIL – **Transformando Nosso Mundo: Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2016.

**Brasil 2035: cenários para o desenvolvimento** / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Associação Nacional dos Servidores da Carreira de Planejamento e Orçamento. – Brasília: Ipea: Assecor, 2017. 320 p.: il., gráfs, color.

*BRUNTLAND, G. H. Report of the World Commission on Environment and Development. Geneva: CMMAD, 1987.* Disponível em <http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>. Acesso em janeiro de 2018.

CAMARGO, C. E. S. **Qualidade ambiental urbana em Presidente Prudente/SP**. (Dissertação de Mestrado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia 2007. 157f.

CARMO, S. R. da S. do. **Subsídio à construção do Plano de Manejo da bacia hidrográfica do Rio Irituia no município de Irituia – Pará.** (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal do Pará. 2013. 109f.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. Hidrologia. **BACIA HIDROGRÁFICA.** 2006.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (Org.). **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios.** Brasília: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007

CEARÁ – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE. **Perfil Básico Municipal** – IPECE. 2015. Disponível em: [http://www.ipece.ce.gov.br/perfil\\_basico\\_municipal/2015/Juazeiro\\_do\\_Norte.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_basico_municipal/2015/Juazeiro_do_Norte.pdf) Acesso em: 03. Nov. 16.

CHACON, S. S. **O sertanejo e o caminho das águas: políticas públicas, modernidade e sustentabilidade no semiárido.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007. 354 p. (Série BNB teses e dissertações, n. 08).

CHAVES, H. M. L.; ALIPAZ, S. *An Integrated Indicator Based on Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy: The Watershed Sustainability Index.* **Water Resour Manage** (2007) 21:883–895.

CHRISTOFIDIS, H. V. **Drenagem Urbana Sustentável: análise do uso do Retrofit.** Dissertação de Mestrado. UNB. 2010.

COELHO, R. C. da T. P.; BOFFON, I.; GUERRA, T. *Influence of the land use and land cover on the water quality: a method to evaluate the importance of riparian zones* **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science:** v. 6, n. 1, 2011.

COELHO, J. P. **Avaliação da Qualidade de Vida no município de Campina / SO: uma proposta baseada no método de Battelle-Columbus.** (Dissertação de Mestrado) Pontifícia Universidade Católica de Campina. 2016. 114p.

CECÍLIO, R. A.; REIS, E. F. **Manejo de bacias hidrográficas.** Vitória, Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo, 2006.

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do estado do Ceará. **Parecer Técnico nº 337/2018.** Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte-CE. 2018

CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e Estatística.** 2ª ed. Belo Horizonte – MG. PUC Minas Virtual. 2003.

COSTA, M. da S. **Um índice de mobilidade urbana sustentável.** (Tese de Doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos-SP. 2008. 274f.

COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S.; GARCIA, G. O. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo (ES). **Irriga, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 369-381, 2011.**

CETESB – **Índices de Qualidade das Águas**. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. Apêndice D - 2005.

CRUCIANI, D. F. **Hidrologia**. Piracicaba – SP. USP/ESALQ, 1976. 134 p.

CVJETANOVIC, B. *Health effects and impact of water supply and sanitation*. **World Health Statistics Quarterly**, v.39, p.105-117, 1986. Disponível em: <[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/45683/1/WHSQ\\_39\\_No1\\_1986\\_p105-117\\_eng\\_fre.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/45683/1/WHSQ_39_No1_1986_p105-117_eng_fre.pdf)>. Acesso em: Junho de 2017.

DEE, N. J. *et al.* **Environmental Assessment System for the planning of Water Resources (a Bureau of Reclamation, Departamento do Interior dos Estados Unidos)**. Battelle Columbus Laboratory, Columbus, Ohio, em janeiro, 188 páginas. 1972.

**Demografia médica no Brasil 2015**. / Coordenação de Mário Scheffer. Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo; Conselho Federal de Medicina, 2018.

DIAS, F. A.; GOMES, L. A.; ALKMIM, J. K. de. Avaliação da qualidade ambiental urbana da bacia do ribeirão do Lipa através de indicadores, Cuiabá/MT. **Rev. Sociedade & Natureza, Uberlândia**, 23 (1): 127-147, abril. 2011.

DIAS, M. C. **Índice de salubridade ambiental em áreas de ocupação espontânea: estudo em Salvador, Bahia**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, 2003. 157f.: il.

DORNFELD, C. B. **Utilização de Chironomus sp (Diptera, Chironomidae) para a avaliação da qualidade de sedimentos e contaminação por metais**. (Tese de Doutorado) Ciências da Engenharia Ambiental. 2006.

DUFLOTH, S. C.; SILVA, A. L. L. de A. F. **Indicadores de Segurança Pública para a Gestão de Políticas Públicas: análise dos atributos de qualidade dos indicadores propostos nas perspectivas de organizações internacionais, do governo federal e de governos estaduais**. In Anais de Encontro de Administração pública e governança – ENAPG. 2008. Salvador-BA.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual para formação e capacitação de grupos comunitário em metodologias participativas de monitoramentos da qualidade da água**. Modulo III: Avaliação Físico-Química. 2011.

FONTANELLA, A. *et al.* Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Rio da Ilha, Taquara, Rio Grande do Sul, Brasil. **Rev. Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 23-41, 2009.

FRANÇA, J. M. B. de. *et al.* **Morfometria e uso e ocupação da bacia hidrográfica do Carão, Estado do Ceará, Brasil**. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FNS. **Manual de Saneamento: Abastecimento de Água.** 1996. Disponível em <URL: <http://www.fns.gov.br/acoes/saneamento/ManualSanea/capitulo01/msan01001.htm>. [1998 Ago. 2] Acesso em 07. Mar. 18.

\_\_\_\_\_. **Manual de saneamento. 3. ed. rev.** - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

FURTADO, C. **Introdução ao Desenvolvimento: Enforque Histórico-Estrutural.** 3 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000

GERGEL, S. E.; TURNER, M. G.; MILLER, J. R.; MELACK, J. M.; STANLEY, E. H. *Landscape indicators of human impacts to riverine systems. Aquatic Sciences, v. 64, p.118-128, 2002.*

GIOVANNINI, E.; LINSTER, M. **MEASURING SUSTAINABLE DEVELOPMENT: ACHIEVEMENTS AND CHALLENGES.** *Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.* 2004.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM, ano 2, no 1. 2003.**

GUIMARÃES, M. F. **Avaliação de fatores relacionados a saneamento e saúde no município de Juazeiro do Norte – Ce.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental e Urbana. 136f. 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo geográfico 2010.** Online. [www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindou.htm](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindou.htm). Acesso em: 15. Out. 17.

\_\_\_\_\_. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável.** 2015. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais e Coordenação de Geografia - Celso José Monteiro Filho e Cláudio Stenner.

\_\_\_\_\_. **Síntese de Indicadores Sociais: Uma análise da condição de vida da população brasileira.** 2015. Coordenação de População e Indicadores Sociais - Barbara Cobo Soares.

\_\_\_\_\_. **Bases e referências, malhas digitais.** Disponível em: < [ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/municipio\\_2015/](ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2015/)>. Acesso em: 28. Out. 17.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Diagnóstico da situação dos Planos Municipais de Saneamento Básico e da Regulação dos Serviços nas 100 maiores cidades brasileiras.** Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/diagnostico-da-situacao-dos-planos-municipais-de-saneamento-basico-e-da-regulacao-dos-servicos-nas-100-maiores-cidades-brasileiras-3>, 2013. Acesso em: 14. Dez. 18.

\_\_\_\_\_. **Manual do Saneamento Básico.** 2012.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. **Atlas da Violência. 2018.** Fórum Brasileiro de Segurança Pública. Coordenador CERQUEIRA, D. Rio de Janeiro. 2018.

JACOBI, P. R. **A gestão participativa de bacias hidrográficas no Brasil e os desafios do fortalecimento de espaços públicos colegiados**”. In: COELHO, V. e NOBRE, M. (Org.) Participação e Deliberação. São Paulo: Editora 34, 2004.

JACOBI, P. R.; GRANDISOLI, E. **Água e Sustentabilidade desafios, perspectivas e soluções – São Paulo. IEEP-USP e Reconnectta, 1ª Ed. 110p. 2017.**

JAMES, R. M.; JULIE, B. Z. **Engenharia Ambiental: Fundamentos, Sustentabilidade e Projetos. Ed. Genio/LTC. RJ. 2012.**

JAVED, S.; JAVED, S.; KHAN, A. **Effect of Education on Quality of Life and Well Being. The International Journal of Indian Psychology. Volume 3, Issue 3, No. 58, DIP: Disponível em: <http://www.ijip.in> July-September, 2016.**

Juazeiro do Norte - **Resolução nº 02 de 2016.** Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente – COMDEMA.

KELLNER, E. **Introdução aos Sistema de Saneamento.** Coleção UAB – UFSCar. Universidade Federal de São Carlos-SP. 2013.

KLING, A. S. M. **Aplicação do Método Battelle na avaliação do impacto ambiental na Bacia hidrográfica do rio Piabanha.** (Dissertação de Mestrado) 2005. Disponível em: <http://bvssp.icict.fiocruz.br/lildbi/docsonline/get.php?id=712> Acesso em: 02. Nov. 16.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de Metodologia Científica.** São Paulo: Atlas, 2003.

LANDIM, G. H. P. **Índice de esgotamento sanitário em área de vulnerabilidade social de Juazeiro do Norte-CE sob a ótica do desenvolvimento sustentável.** (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal do Cariri. 2017. 126f.

LIMA, A. T. F. de. **Indicadores para planejamento e Gestão dos recursos hídricos: proposição e estudo de caso.** (Dissertação de Mestrado) Feevale Novo Hamburgo-RS. 2014. 113f.:30 cm.

LIMA, A. V. de.; CARNEIRO, A. P. L. **A importância da sala de Atendimento Educacional Especializado – AEE.** In: Anais II Congresso Internacional de Educação Inclusiva – CINTEDI. 16 – 18 de Novembro de 2016.

LIMA NETO, R. T.; MENDONÇA, L. A. R.; PEREIRA, J. de A.; SOUSA, C. A.V. de.; GONÇALVES, J. Y. de B.; FRISCHKORN, H. **Análise morfométrica e ambiental da microbacia hidrográfica do rio Granjeiro, Crato/CE. REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 61(3): 365-369, jul. set. 2008**

LIMA, V.; AMORIM, M. C. de C. T. **A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. Revista Formação, nº13, p. 139 – 165. 2006.**



LIMA, W.P. **Hidrologia Florestal aplicado ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Piracicaba, Ed. 2. Dez. 2008.

LIRA, P. **Índice de Violência Criminalizada**. In: Anais II Congresso Consad de Gestão Pública – Painel 62: Gestão em segurança pública. DF – Brasília. 2009.

MACHADO, L. M. C. P. Qualidade ambiental: indicadores quantitativos e perceptivos. **In: Indicadores ambientais**. Coordenação de Nilson Borlina Maia, Henry Lesjak. Sorocaba: s.n., 1997. p. 15-21.

MAIA, F. M. de A.; LIMA, M. G.; SILVA, C. J. C.; ARAÚJO, A. O.; SILVA, F. J. A; MENDONÇA, L; A. R. **Influencia antrópica na composição dos Sedimentos da rede de drenagem natural de Juazeiro do Norte-CE**. 2013.

MAIER, C. **Qualidade de águas superficiais e tratamento de águas residuárias por meio de zonas de raízes em propriedades de agricultores familiares**. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). 96f. 2007.

MALHEIRO, D.R. Degradação ambiental e a correlação com doenças infecciosas em Juazeiro do Norte - CE, Brasil. **Revista GeoUECE, v.2, nº1, p.160-161, jan/jun, 2013**.

MARTINS, C. H. B. Pobreza, meio ambiente e qualidade de vida: indicadores para o desenvolvimento humano sustentável. **Rev. Indicadores Econômicos FEE**, Porto Alegre, v. 30, n. 3, p. 171-188. 2002

MAZETTO, F. de A. P. Qualidade de vida, qualidade ambiental e meio ambiente urbano: breve comparação de conceito. **Rev. Sociedade & Natureza**, 12. (24) 21-31 jul/dez. 2000.

MAYNARD, I. F. N. **Aplicação de um índice de sustentabilidade na bacia hidrográfica do rio Japarutuba em Sergipe**. Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos. Universidade Federal de Sergipe. 95f. 2014.

MAYNARD, I. F. N.; CRUZ, M. A. S.; GOMES, L. J. Aplicação de um índice de sustentabilidade na bacia hidrográfica do rio Japarutuba em Sergipe. **Ambiente & Sociedade. São Paulo v. XX, n. 2, p. 207-226**. 2017.

MENEZES, A. R. V. de. **Condições de Salubridade Ambiental em áreas não edificáveis em Juazeiro do Norte – CE**. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal do Cariri-CE. 2017, 100f.

MINAKI, C.; AMORIM, M. C. C. T. Espaços urbanos e qualidade ambiental – um enfoque da paisagem. **Revista Formação, nº14 volume 1 – p. 67-82**. 2014.

Mina Gerais – Assembleia Legislativa. **Encontro Internacional Direito à Saúde, Cobertura Universal e Integridade Possível**. Disponível em: [https://www.almg.gov.br/acompanhe/eventos/hotsites/2016/encontro\\_internacional\\_saude/index.html?albPos=1](https://www.almg.gov.br/acompanhe/eventos/hotsites/2016/encontro_internacional_saude/index.html?albPos=1) Acesso em 06. Out. 17.

MONTEIRO, J. de S.; SILVA, D. P. A influência da estrutura escolar no processo de ensino-aprendizagem: uma análise baseada nas experiências do estágio supervisionado em Geografia. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 19, n.3, set. / dez. 2015.

MORELI, A. P.; PEREIRA, D. P.; SILVA, S, F. Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do Córrego Cancã em Venda Nova do Imigrante – ES – BRASIL. **Nucleus**, v.11, n. 2, p. 385-396, 2014.

MUELLER, C. C. Economia e Meio Ambiente na perspectiva do mundo industrializado: uma avaliação da economia ambiental neoclássica. **Rev. Est. Econ. São Paulo**, v. 26, N.2, p. 261-304, maio-agosto 1996.

NAHAS, M. I. P. **Banco de Metodologias de Sistemas de Indicadores. BRASIL. Ministério das Cidades. 2ª Conferência Nacional das Cidades: Política Nacional de Desenvolvimento Urbano, Desenvolvimento do Índice de Qualidade de Vida Urbana. 2005.**

\_\_\_\_\_ Indicadores Intra-Urbanos como Instrumentos de Gestão da Qualidade de Vida Urbana em Grandes Cidades: uma discussão teórico-metodológica. In: Claudete de Castro Silva Vitte; Tânia Margarete Mezzomo Keinert (Org.) **QUALIDADE DE VIDA, PLANEJAMENTO E GESTÃO URBANA. 1a. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009, v., p. 123-153.**

\_\_\_\_\_ Indicadores de Qualidade de Vida Urbana: aspectos teórico-metodológicos. In: Maria Inês Pedrosa Nahas. (Org.). **Qualidade de Vida Urbana: Abordagens, Indicadores & Experiências Internacionais. 1ed. Belo Horizonte: C/Arte, 2015, v., p. 23-29.**

NARDINI, R. C.; POLLO, R. A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; GOMES, L. N. Análise morfométrica e simulação das áreas de preservação permanente de uma microbacia hidrográfica. **Irriga, Botucatu**, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013.

OECD – *Organisation for Economic Co-Operation and Development. Environmental Indicators: Towards Sustainable Development. Environment. Publié en français sous le titre: INDICATEURS D'ENVIRONNEMENT DE L'OCDE. 2001. Vers un développement durable.*

ODUM, E. P. **Fundamentos da Ecologia. 6ª Edição. 1998.**

OLIVEIRA, G. S. de. **O modelo ISA utilizado no diagnóstico da salubridade ambiental nos bairros do município de Juiz de Fora – MG. 2014.**

OLIVEIRA, I. N. **O Uso do Solo Urbano em Áreas de Preservação Permanente: estudo de caso no município de Santos Dumont – MG. 2016.**

ONU – *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.* Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>> Acesso em 20.nov.18.

PARFITT, C. M. **Impacto urbano em áreas de interesse e proteção ambiental: produção do espaço em zonas de preservação ambiental da cidade de Pelotas na lei 2565/80.**

(Dissertação de Mestrado) Planejamento Urbano - PROPUR. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 238f. 2002.

PEREIRA, A. C. R. **Utilização de parâmetros físico-químicos e biológicos para avaliar a influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade ambiental no alto rio Pará.** (Dissertação de Mestrado) UFSJDR. MG. 2014.

PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; MALHEIROS, Tadeu Fabrício. Saneamento e saúde pública: integrando homem e ambiente. **In: Coleção ambiental.** USP, 2005. p. 3-31. **In: Saneamento, Saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável/Arlindo Philippi Jr., editor.** – Barueri, SP: Manole, 2005. – (Coleção Ambiental; 2)

PINTO, L. P *et al.* Salubridade Ambiental do município de São Pedro do Iguaçu – PR. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, p. 55-64, 2014

Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – PDDU do Município de Juazeiro do Norte. **Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo.** Prefeitura Municipal de Juazeiro do Norte, 2000.

\_\_\_\_\_ **Código de Obras e Posturas.** Prefeitura Municipal de Juazeiro do Norte, 2000.

\_\_\_\_\_ **Lei do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano.** Prefeitura Municipal de Juazeiro do Norte, 2000.

PNUD – *Human Development Report 2014 Sustaining Human Progress: Reducing Vulnerabilities and Building Resilience.* Disponível em: <http://hdr.undp.org> Acesso em 03. Mai. 2018.

POZO, J. M. del. *The concept of the Educating City today.* In: *Education and Urban life: 20 yeas of Educating Cities.* Coordenação CABEZA, M. A. 2008. Disponível em: < <https://issuu.com/educatingcities/docs/iaecbook>> Acesso Janeiro de 2019.

PORTO, R. L. L.; ZAHED FILHO, K.; SILVA, R. M. **Bacias Hidrográficas. Hidrologia aplicada.** 1999.

PRADO, R.B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais /Organização.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 486 p.

RABAIOLLI, B.; MEDVEDOVSKI, N. S. **A pavimentação proporcionando melhorias no espaço urbano e na qualidade de vida do usuário.** In: Anais de Congresso Internacional Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social. Porto Alegre. 2012.

REDE Interagencial de Informação para a Saúde. **Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações / Rede Interagencial de Informação para a Saúde - Ripsa.** – 2. ed. – Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2008. 349 p.: il

RIBEIRO, B. M. G.; MENDES, C. A. B. **Índice de Qualidade Ambiental Urbano: uma proposta metodológica aplicada a áreas urbanas de ocupação irregular.** XVII Simpósio

Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. João Pessoa-PB, 2015. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1421.pdf> Acesso em: 01. Nov. 16.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento Básico e relação com o meio ambiente e a saúde pública**. MG, Juiz de Fora. 2010.

RIZZO, H. B.; GALLARDO, A. L. C. F.; MORETTO, E. M. Avaliação ambiental estratégica e planejamento do setor de transportes paulista. São Paulo. **Eng Sanit Ambient v.22 n.6 nov/dez 2017. 1085-1094** – Artigo Técnico.

ROGGERO, M. A.; LUCHIARI, A. Um Ensaio Metodológico Sobre a Qualidade de Vida no Distrito de Cachoeirinha, Zona Norte da Cidade de São Paulo –SP. **Revista do Departamento de Geografia –USP**, Volume 22 (2011), p. 82-107.

ROCHA, J. L. S.; REGO, N. A. C.; SANTOS, J. W. B. dos. Indicador integrado de qualidade ambiental aplicado à gestão da bacia hidrográfica do rio Jiquiriça, BA, Brasil. **Revista Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 5, n. 1**, 2010.

SABIÁ, R. J. **Estudo do padrão de emissão de poluentes para o enquadramento de rios intermitentes: Estudo de caso do Rio Salgado, Ce.** (Tese de Doutorado) Engenharia Civil-Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Ceará. 2008, p.112.

SÁCNEZ, L. H. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. 2ª Ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2013.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir**. São Paulo: Vértice, 1986.

SALLES, M. M.; ELMIRO. M. A. T.; FONSECA, B. M. **O uso do SIG na análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio São João – MG**. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

SANTANA, D. P. Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas. **Embrapa Milho e Sorgo. n. 30**, 2003.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus-BA. Ed. 2002, p. 293.

SCHUSSEL, Z.; NASCIMENTO NETO, P. Gestão por Bacias Hidrográficas: do debate teórico à gestão municipal. **Rev. Ambiente & Sociedade. São Paulo v. XVIII, n. 3 n p. 137-152 n jul.-set. 2015**.

SHACON, S. S. **O sertanejo e o caminho das águas: políticas públicas, modernidade e sustentabilidade no semiárido**. Série BNB Teses e Dissertações, n 8. 354 p. Fortaleza: . Ed. Banco do Nordeste do Brasil, 2007.

SILVA, A. M. M. *et al.* **Educação sanitária e ambiental como instrumento de Construção de uma nova cultura na perspectiva de causar a sensibilidade para o saneamento básico em Juazeiro do Norte – Ceará**. In: Anais do I Simpósio de Pesquisa e Inovação da UFCA 27 a 29 de maio de 2015.

SILVA, A. N. R. da.; SOUZA, L. C. L. de.; MENDES, J. F. G. (2005). **Planejamento urbano, regional, integrado e sustentável: desenvolvimentos recentes no Brasil e em Portugal**. São Carlos: EESC/USP.

SILVA, A. S. **Uso de Indicadores Ambientais como Instrumento de Avaliação da Qualidade Ambiental: um estudo se caso do distrito de Murucupi (Barcarena/Pa)**. (Dissertação de Mestrado) Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano. Belém-PA. 127p. 2014.

SILVA, E. A. P. C. da. *et al.* Percepção da qualidade do ambiente e vivências em espaços públicos de lazer. **Rev Brasileira Ciências Esporte**. 2016. **38 (3):251-258**.

SILVA, E. L.; MENEZES E. M. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. **Rev. atual**. 3ª edição. 121p. Florianópolis. 2001.

SILVA, G. do V. **Desenvolvimento e Aplicação de Indicadores da Qualidade Ambiental Urbana: Avaliação da Bacia Hidrográfica do Rio Barigui-Curitiba/PR**. (Dissertação de Mestrado) 2016, fl. 128. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – PR.

SILVA, M. T. *et al.* Análise de Risco de Degradação na Bacia Hidrográfica do Riacho do Pontal – PE. **Revista Brasileira de Geografia Física** 03 (2012) 646-660.

SILVA NETO, A. F. GUIMARÃES, C. L. ARAÚJO, J. S.; ARAÚJO, J.S. **Geotecnologias para a caracterização morfométrica de bacia hidrográfica**. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

SILVEIRA, T.; Rego, N. A. C.; Santos, J.W. B e Araújo, M. S. B. Qualidade da Água e Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Superficiais na Definição das Fragilidades Potencial e Ambiental de Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 7, n. 4 2014, p. 642-652.

SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L.; ARAUJO, G. M. C.; ARAÚJO, G. M. C. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, p. 82-100, 2016. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/107715>. Acesso em: 09.Out.18.

SOARES, S.; SÁTRYO, N. O impacto da infraestrutura escolar na taxa de distorção idade-série das escolas brasileiras de ensino fundamental – 1998 A 2005. **In: Texto para Discussão. Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Rio de Janeiro, 2008**. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>> Acesso em 02. Dez. 19.

SOUSA, F. R. C.; PAULA, D. P. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio. Ceará–Brasil. **REGNE, Vol. 2, N° Especial**. 2016.

SOUZA, M. C. **Análise das condições de salubridade ambiental intraurbana em Santa Rita-PB/** (Dissertação Mestrado) UFPB/CCEN. João Pessoa: [s.n.], 2010.

SOUZA, M. M. de.; GASTALDINNI, M. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Eng Sanit Ambient**, v.19 n.3, p. 263-274. 2014.

SOUZA, V. C. B. de.; MORAES, R. L. S. BORJA, P. C. DÉFICIT NA DRENAGEM URBANA: buscando o entendimento e contribuindo para a definição. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**. v. 1, n. 2, p. 162-175, 2013.

STRAHLER, A. *Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography*. *Geol. Soc. América Bulletin*, 1952.

STUDART, T. M. C.; NILSON, C. **Hidrologia**. 2006.

TEIXEIRA, L. M. *et al.* **Avaliação de fatores relacionados a Saneamento e Saúde no município de Juazeiro do Norte – Ce**. In: Anais de II CONIDIS-II Seminário Internacional da diversidade do Semiárido. 2016.

TEODORO, V. L.; TEXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito da bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**. n. 20, 2007.

TROMBETA, L. R. **Planejamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Guaiaçarinha, Município de Álvares Machado, São Paulo**. Presidente Prudente (Dissertação de Mestrado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia [s.n], 2015. 205 f.: il.

TUAN, Y. *Environment and the Quality of Life*. In: HAMMOND, K. *et al.* (ed.) *Sourcebook on the Environment*. London: University of Chicago Press, 1978, p.21.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica – Ministério do Meio Ambiente / SQA**. – Brasília: MMA, 2006. 302 p.

UGEDA JUNIOR, J. C.; AMORIM, M. C. de C. T. indicadores ambientais e planejamento urbano. **Caderno Prudentino de Geografia**, n. 31, v. 2, p. 5-35, jul/dez, 2009.

VAN KAMP, I.; LEIDELMEIJER, K.; MARSMAN, G. e Hollander, A. (2003) *Urban environmental quality and human well-being. Towards a conceptual framework and demarcation of concepts; a literature study*, **Landscape and Urban Planning**, n° 65, pp.5-18.

VEIGA, A. J. P.; VEIGA, D. A. M.; MATTA, J. M. B. da. **Densidade demográfica como instrumento de planejamento urbano: um estudo de caso sobre Vitória da Conquista – BA**. In: Anais IV Simpósio Cidades e Médias e Pequenas da Bahia. 2014. Disponível em: <http://periodicos.uesb.br/index.php/ascmpa/search/titles?searchPage=1#results> Acesso em 07. Jul. 18.

VEIGA, J. E. **Desenvolvimento sustentável. O desafio do século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond, 2006. 226 p.

\_\_\_\_\_ **Desenvolvimento Sustentável: O desafio do século XXI.** Rio de Janeiro: Garamond, 2010

VILLELA, Swami M.; MATTOS Arthur. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: Ed. McGraw-Hill do Brasil, 1975.

VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Vol. 1. 1ª Ed. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. 2006.

ZANATA, M.; PISSARRA, T. C. T.; ARRAES, C. L.; RODRIGUES, F. M.; CAMPOS, S. Influência da escala na análise morfométrica de microbacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 1062-1067, 2011.**

WAHG, C. H.; GUJAR, M. G. *The Environmental Impact Assessment by Using the Battelle Method.* **International Journal of Science and Research (IJSR)**, vol. 3 Issue 7, July. 2014.

## **PÊNDICES**



Apêndice I – Quadro A

Quadro A – Referência dos pesos atribuídos as variáveis pelos autores que desenvolveram pesquisas no campo da Qualidade Ambiental fazendo uso dos indicadores.

| Ano  | Autor                                 | Indicadores | Variáveis   | Pesos   |
|------|---------------------------------------|-------------|---|---------|
| 2016 | Silva, Gabriela do Vale               | IAA         | Atendimento da totalidade de domicílios pela rede                     | 4,5     |
| 2017 | Landim, Gil Heânia Parente            |             | Taxa de acesso a água   | 0,2     |
| 2004 | Borja, Patrícia Campos                |             | Cobertura das vias com rede; Estado da rede e Regularidade do serviço | 2,0     |
| 2017 | Landim, Gil Heânia Parente            |             | Ineficiência do abastecimento de água                                 | 0,3     |
|      |                                       |             | Taxa de poluição da água  | 0,2     |
| 2014 | Maynard, Isabella Ferreira Nascimento |             | Variação da disponibilidade de água per capita                        | 0 – 1,0 |
|      |                                       |             | Variação do IQA da bacia no período                                   |         |
|      |                                       |             | Disponibilidade per capita de água na bacia                           |         |
|      |                                       |             | Evolução na eficiência de uso de água na bacia no período             |         |
|      |                                       |             | Evolução no tratamento e disposição de esgotos na bacia, no período   |         |
| 2016 | Coelho, João Paulo                    | IES         | Qualidade da água de abastecimento                                    | 0,47    |
|      |                                       |             | Qualidade dos recursos hídricos para vida aquática                    | 0,37    |
|      |                                       |             | População com acesso a água potável                                   | 0,5     |
| 2004 | Borja, Patrícia Campos                |             | % de vias c/ fossa; c/ rede de esgoto; c/fossa/rede de esgoto         | 5,0     |

|      |                               |                                    |   |  |     |
|------|-------------------------------|------------------------------------|---|--|-----|
|      |                               |                                    | Estado da rede  | 5,0  |     |
| 2017 | Landim, Gil Heânia<br>Parente |                                    | Esgotamento sanitário inadequado  | 0,4  |     |
| 2016 | Coelho, João Paulo            |                                    | População com afastamento de Esgoto Sanitário   | 0,46   |     |
|      |                               |                                    | População com tratamento de Esgoto Sanitário  | 0,46   |     |
| 2016 | Silva, Gabriela do<br>Vale    | ISLU                               | Atendimento da totalidade de domicílios com coleta em caminhão compactador  | 4,5  |     |
| 2004 | Borja, Patrícia<br>Campos     |                                    | % de vias limpas  | 4,0  |     |
|      |                               |                                    | Nº de pontos de lixo/há   | 4,0  |     |
|      |                               |                                    | % de vias c/ coleta em compactador, c/ coleta em caminhão, c/ coleta alternativa, c/ coleta feita pelo condomínio | 3,5  |     |
|      |                               |                                    | % de vias c/ coleta diária ou alternada   | 4,0  |     |
| 2017 | Landim, Gil Heânia<br>Parente |                                    | Precariedade da coleta de lixo  | 0,3  |     |
| 2016 | Coelho, João Paulo            |                                    | (%) coleta de resíduos domésticos   | 0,45   |     |
|      |                               |                                    | Resíduos domésticos reciclados  | 0,37   |     |
| 2016 | Silva, Gabriela do<br>Vale    |                                    | IDU   | Existência dos elementos de drenagem urbana  | 2,0 |
| 2004 | Borja, Patrícia<br>Campos     |                                    |   | % de vias c/ canaleta, c/ canal, c/ galeria, c/ escadaria drenante, c/ escadaria com dreno | 1,0 |
|      |                               | % de vias em bom/ótimo estado, 1,5 |   | 1,5  |     |
|      |                               | % de bocas de lobo em bom estado   |   | 1,5  |     |

Apêndice II

**Quadro A** - Levantamento das causas da cadeia Força Motriz - Pressão - Situação - Exposição - Efeito e Ação na área de estudo, considerando a dimensão socioambiental.

| Dimensão       | Forças Motrizes  | Pressões    | Estado  | Causa  | Impacto   | Ações  |
|----------------|--|-------------|---|--|---|--|
| Socioambiental | Econômicas<br>Sociais<br>Políticas<br>Institucionais<br>Tecnológicas | Urbanização | Habitação em áreas inapropriadas, e/ou insalubres (desprovida de saneamento e cobertura de serviços públicos); Altas densidades populacionais | Poluição visual  | Estético paisagístico   | Programa de Educação;<br>Aplicação do PDDU nas áreas de altas densidades,<br>Criação de áreas verdes para minimizar os ruídos de fundo sonoro contínuo e descontínuo pois estas aumentam a absorção, refração e refletância das ondas sonoras.                                   |
|                |  |             |   | Poluição por ruídos  | Saúde da população (efeitos psicológicos, tais como irritabilidade e diminuição da concentração)                                |  |
|                |  |             |   | Poluição do solo e das águas por carga de efluentes e de resíduos sólidos                        | Doenças causadas por veiculação hídrica, por picadas de insetos, vetores e contato com animais domésticos de rua – cães e gatos |  |
|                |  |             |   | Produção de vetores, roedores e agrupamento de animais nas ruas                                  |   |  |
|                |  |             |   | Dificuldade de acesso aos serviços   | Estresse diários, desconforto e deficiência na qualidade de vida da população   |  |
|                |  |             | Supressão da vegetação natural  | Desequilíbrio ecológico  | Perda da biodiversidade;<br>Alterações climáticas   | Programas de Educação Ambiental junto à população do entorno;<br>Programa de Revegetação, monitoramento e fiscalização das áreas de APP;<br>Contenção das áreas passiva de erosão Revitalização, Renaturalização e reestruturação dos canais de drenagem naturais e artificiais; |
|                |  |             |   | Aumento de poluentes atmosféricos  | Doenças respiratórias a população   |  |
|                |  |             |   | Aumento da temperatura   | Desconforto térmico a população   |  |
|                |  |             |   | Desertificação e aceleração de processos erosivos do solo  | Poluição e Infertilidade do solo;<br>Redução da disponibilidade hídrica   |  |
|                |  |             | Alteração dos canais de drenagem natural  | Enchente e alagamento de residências e das vias públicas   | Desconforto à população e danos à saúde da mesma  |  |
|                |  |             | Aumento das áreas impermeabilizadas   | Aumento do escoamento superficial  | Inundações nas áreas de riscos  |  |
|                |  |             |   | Aumento do volume de sedimentos  | Poluição das águas pela lavagem das ruas e arraste de grande volume de resíduos urbanos   |  |
|                |  |             |   | Assoreamento dos corpos aquáticos; Redução da capacidade de infiltração; Obstruções de canais de | Redução da disponibilidade hídrica e da qualidade das águas   |  |

|  |                            |  |  |  |  |
|--|----------------------------|--|--|--|--|
|  |                            |  | drenagem   |  |  |
|  | Usos dos recursos naturais | Degradação e poluição dos ecossistemas               | Comprometimento da qualidade ambiental urbana, dos recursos naturais e da saúde da população | Redução de áreas verdes;<br>Redução da área de infiltração                             | Educação Ambiental;<br>Limpeza da área;<br>Fiscalização;<br>Monitoramento;<br>Revitalização da área;<br>Revegetação das margens dos cursos d'água;<br>Universalização do saneamento básico;<br>Controle de Endemias e Zoonoses |
|  |                            | Presença de materiais flutuantes em corpos aquáticos |  | Estética paisagística;<br>Qualidade da água;<br>Saúde da população                     |  |
|  |                            | Disposição irregular de resíduos sólidos             |  | Estética paisagística;<br>Proliferação de vetores e animais;<br>Saúde da população     |  |
|  |                            | Fluxo de esgoto nos canais de drenagem               |  | Estética paisagística;<br>Comprometimento na qualidade das águas<br>Saúde da população |  |

**Quadro B** - Levantamento das causas da cadeia Força Motriz - Pressão - Situação - Exposição - Efeito e Ação na área de estudo, considerando a dimensão socioeconômica.

| Dimensão       | Forças Motrizes  | Pressões                     | Estado  | Causa                                       | Impacto   | Ações  |
|----------------|--|------------------------------|---|---|---|--|
| Socioeconômico | Econômicas<br>Sociais<br>Políticas<br>Institucionais<br>Tecnológicas | Serviços públicos ambientais | Abastecimento público de água                     | Taxa de Perdas na distribuição de água      | Economia financeira   | Investimentos financeiro e controle e manutenção do sistema  |
|                |  |                              |   | Taxa de atendimento da população            | Saúde, higiene e conforto da população                                    |  |
|                |  |                              | Coleta, tratamento e disposição final de efluente | % de cobertura de rede do tipo convencional | Obstruções na rede<br>Odor desagradável e saúde da população              | Universalização do saneamento básico em toda a área da bacia |
|                |  |                              |   | % de cobertura de rede do tipo condominial  | Obstruções na rede com frequência;<br>Obstruções interna as residências   |  |
|                |  |                              |   | % que não tem cobertura do serviço          | Saúde da população (aumento de casos de dengue, hepatite, chikungunya...) |  |
|                |  |                              | Serviços de coleta de lixo                        | % Cobertura e qualidade deste serviço       | Saúde da população;<br>Estética paisagística urbana                       |  |
| Serviços de    | % da área contemplada com o  | Estética paisagística urbana |   |   |   |  |

|  |  |  |                |         |  |  |
|--|--|--|----------------|---------|--|--|
|  |  |  | limpeza urbana | serviço |  |  |
|--|--|--|----------------|---------|--|--|

**Quadro C** - Levantamento das causas da cadeia Força Motriz - Pressão - Situação - Exposição - Efeito e Ação na área de estudo, considerando a dimensão político – institucional.

| Dimensão               | Forças Motrizes  | Pressões  | Estado  | Causa  | Impacto  | Ações  |
|------------------------|--|---|---|--|--|--|
| Político Institucional | Econômicas<br>Sociais<br>Políticas<br>Institucionais<br>Tecnológicas | Serviços Públicos<br>Sociais                                  | Mobilidade urbana   | Falta de rampas nas calças;<br>Sinalização (faixas de pedestres, semáforo)   | Risco de acidentes<br>Segurança  | Implementação de Programas e Política de mobilidade urbana;<br>Implementação de ônibus com acesso para cadeirantes nas rotas;<br>Educação no trânsito;<br>Implementar infraestrutura dos pontos de ônibus com iluminação e sombreamento que ofereça conforto população |
|                        |  |   |   | Infraestrutura dos pontos de ônibus;<br>Funcionamento das rotas  | Conforto da população<br>Atendimento com qualidade   |  |
|                        |  |   |   | Iluminação pública nos pontos de ônibus;   | Insegurança na população   |  |
|                        |  |   |   | Estrutura do transporte público;<br>Acesso para cadeirantes  | Conforto e bem estar da população  |  |
|                        |  |   | Educação:<br>Creches e Escolas públicas - Fundamental I e II  | Nº de crianças na creche de 3 a 6 anos (demanda suprida)<br>Nº de crianças na escola de 6 a 14 anos (Demanda suprida ou suprimida) | Crianças e adolescentes fora das ruas;<br>Melhoria na qualidade de vida das crianças inseridas na escola;<br>Diminuição das desigualdades sociais;<br>Risco de marginalização das crianças sem acesso à educação | Implementar mais unidades escolares para atender a demanda;<br>Implantar programa educacional de atendimento no contra turno   |
| Segurança pública      | Índice de criminalidade;<br>Índice de roubos e furtos                | Medo na população;<br>Aumento da criminalidade e da violência | Desenvolver junto à população programa de educação e cultura de respeito e cidadania nos bairros;<br>Diversificar a estratégia de segurança e atendimento nos bairros;<br>Controle das manifestações de violência e criminalidade |  |  |  |
| Iluminação pública     | Falta de iluminação nas vias públicas                                | Aumento da insegurança e criminalidade nas ruas               | Aumentar a iluminação pública nas áreas de parques, praças, pontos de ônibus,   |  |  |  |

|  |  |  |               |  |   |   |
|--|--|--|---------------|--|---|---|
|  |  |  |               | Iluminação de qualidade nas vias públicas  | Translado seguro, confiança e exercício da cidadania  | entorno das escolas e hospitais, dentre outros pontos estratégicos.   |
|  |  |  | Saúde pública | Falta de profissionais para suprir a demanda;<br>Infraestrutura física em estado precário de funcionamento | Desconfiança por parte da população sobre os serviços;<br>Insatisfação quanto ao conforto e atendimento | Melhorias na qualidade de infraestrutura física dos PSF's e do quadro de profissionais que atendem na saúde |
|  |  |  |               | Qualidade em infraestrutura física;<br>Qualidade dos serviços de atendimento nas UBS.                      | Melhoria na qualidade de vidas da população e confiabilidade do serviço.                                | Projetos e Programas de fortalecimento contínuo da qualidade dos serviços                                   |

Apêndice III – INSTRUMENTAL – A: DE COLETA DE DADOS DA OBSERVAÇÃO AMBIENTAL

| Aspectos Estéticos e Ambientais - UNIDADE DE AVALIAÇÃO            |                    |                       |                    |                    | DATA: ___ / ___ / ___  |
|---|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--|
| Bloco 1 - ITEM  | Distância<br>0,0 m | Distância<br>150 m    | Distância<br>300 m | Distância<br>500 m | Observações  |
| Esgoto a céu aberto   |                    |                       |                    |                    |  |
| Esgoto escoando para o leito do riacho                            |                    |                       |                    |                    |  |
| Esgoto infiltrando no solo  |                    |                       |                    |                    |  |
| Rede de Esgoto obstruída  |                    |                       |                    |                    |  |
| RS no curso d`água  |                    |                       |                    |                    |  |
| RS em amontoado   |                    |                       |                    |                    |  |
| RS próximo a residências  |                    |                       |                    |                    |  |
| RS em terreno baldio  |                    |                       |                    |                    |  |
| Presença de insetos e/ou roedores                                 |                    |                       |                    |                    |  |
| Presença de animais domésticos (cães, gatos, cavalo, jegue, etc.) |                    |                       |                    |                    |  |
| Canais de Drenagem obstruídos                                     | Existe ( )         | N existe ( )          | Obstruído ( )      |                    |  |
| Bloco 2 – ITEM  | Inexiste           | Existe                | Qualidade          | Quantidade         |  |
| Abastecimento público de água                                     |                    |                       |                    |                    |  |
| Serviços de coleta e tratamento de esgoto                         |                    |                       |                    |                    |  |
| Serviços de Limpeza Urbana  |                    |                       |                    |                    |  |
| Serviços de Coleta de Lixo  |                    |                       |                    |                    |  |
| Serviços de Coleta Seletiva                                       |                    |                       |                    |                    |  |
| Cobertura de Drenagem Urbana                                      |                    |                       |                    |                    |  |
| Existe Pavimentação/Calçamento                                    |                    |                       |                    |                    |  |
| Bloco 3 – ITEM  | Inexiste           | Existe<br>(distância) | Qualidade          |                    |  |
| Transporte coletivo   |                    |                       | Rotatividade       | Ônibus lotado      | Terminal (sombreamento, sinalização, faixas de pedestre) – S/N |
|   |                    |                       |                    |                    |  |
| Bloco 4 – ITEM  | Inexiste           | Existe                | Infraestrutura     | Iluminação         | Segurança  |
| Espaço público de lazer   |                    |                       |                    |                    |  |
| Área de Sítio: aspectos Natureza                                  |                    |                       | Veg. nativa        | Cultivo            | Solo descoberto  |
|   |                    |                       |                    |                    |  |

\*Este instrumental será utilizado apenas para fins desta pesquisa (Índice de Qualidade Ambiental da Sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas). O mesmo abordará o limite máximo de 500 metros do alcance de cada ponto selecionado.

Apêndice III – INSTRUMENTAL- B: DE COLETA DE DADOS DA OBSERVAÇÃO AMBIENTA

| DADOS EDUCACIONAIS – UNIDADE DE AVALIAÇÃO _____ DATA: ____ / ____ / ____                   |          |            |           |            |             |
|--|----------|------------|-----------|------------|-------------|
| Escola:  |          |            | Endereço: |            |             |
| Turno: Manhã ( ) Tarde ( ) Noite ( )   |          |            |           |            |             |
| Bloco 1 – ITEM   | Creche   | Pré-Escola | Fund. I   | Fund. II   | Observações |
| Nº de alunos   |          |            |           |            |             |
| Nº de turmas   |          |            |           |            |             |
| Nº de Professores  |          |            |           |            |             |
| Nº de alunos com necessidade especial  |          |            |           |            |             |
| Atendimento Educacional Especializado – AEE: Existe ( ). Não existe ( ). Não se aplica ( ) |          |            |           |            |             |
| Profissionais que atuam: no AEE:   |          |            |           |            |             |
| Dias de atendimento: Segunda ( ) Terça ( ) Quarta ( ) Quinta ( ) Sexta ( )                 |          |            |           |            |             |
| Horário de atendimento: Manhã ( ) Tarde ( )  |          |            |           |            |             |
| Oferta de lanche: Um lanche ( ). Dois lanches ( ). Não há lanche ( )                       |          |            |           |            |             |
| SERVIÇOS E INFRAESTRUTURA DA ESCOLA  |          |            |           |            |             |
| Bloco 2 – ITEM   | Inexiste | Existe     | Qualidade | Quantidade | Observações |
| Abastecimento público de água  |          |            |           |            |             |
| Serviços de coleta e tratamento de esgoto  |          |            |           |            |             |
| Serviços de Coleta de Lixo   |          |            |           |            |             |
| Serviços de Coleta Seletiva  |          |            |           |            |             |
| Infraestrutura de Acessibilidade   |          |            |           |            |             |
| Espaço de Recreação  |          |            |           |            |             |
| SERVIÇOS E INFRAESTRUTURA DO ENTORNO DA ESCOLA   |          |            |           |            |             |
| Bloco 3 – ITEM   | Inexiste | Existe     | Qualidade | Quantidade | Observações |
| Cobertura de Drenagem Urbana   |          |            |           |            |             |
| Existe Pavimentação/Calçamento   |          |            |           |            |             |
| Transporte coletivo:   |          |            |           |            |             |
| Serviços de coleta e tratamento de esgoto  |          |            |           |            |             |
| Serviços de Limpeza Urbana   |          |            |           |            |             |
| Serviços de Coleta de Lixo   |          |            |           |            |             |

\*Este instrumental será utilizado apenas para fins desta pesquisa (Índice de Qualidade Ambiental da Sub-bacia hidrográfica das Timbaúba). O mesmo abordará o limite máximo de 500 metros do alcance de cada ponto selecionado, dessa forma, é necessário que o responsável pelas informações, assine o instrumental autorizando a publicação das informações.

Assinatura do responsável pelas informações.



Apêndice III – INSTRUMENTAL – C: DE COLETA DE DADOS DA OBSERVAÇÃO AMBIENTAL

| DADOS DE SAÚDE – UNIDADE DE AVALIAÇÃO _____  |          | DATA: ____ / ____ / ____                        |           |            |             |
|--|----------|---|-----------|------------|-------------|
| PSF:   |          | Endereço:                                       |           |            |             |
| Atendimento: Manhã ( ) Tarde ( ) Noite ( )   |          |   |           |            |             |
| Dias na semana que tem Médico: Seg _____ Ter _____ Qua _____ Qui _____ Sex _____                           |          |   |           |            |             |
| Dias na semana que tem Enfermeiro (a): Seg _____ Ter _____ Qua _____ Qui _____ Sex _____                   |          |   |           |            |             |
| Equipe de Atendimento Básico à Saúde da Família  |          | Médico ( ) Enfermeiro ( ) Agente de Endemia ( ) |           |            |             |
| Atendimento Médico diário - ( ) Atendimento diário Enfermeiro (a) ( )                                      |          |   |           |            |             |
| Outro:   |          |   |           |            |             |
| <b>ASPECTOS INFRAESTRUTURA DO PSF</b>  |          |   |           |            |             |
| Recepção adequada:   |          |   |           |            |             |
| Consultório médico:  |          | Consultório de Enfermagem:                      |           |            |             |
| Sala de vacinação:   |          | Sala de medicação                               |           |            |             |
| Instalações hidrossanitárias: Banheiros adequados _____ Coleta de esgoto: Fossa ( ) Rede coletora Mun. ( ) |          |   |           |            |             |
| Abastecimento de Água: Público ( ) Poço ( ) Outros:  |          |   |           |            |             |
| <b>INFRAESTRUTURA DO ENTRONO</b>   |          |   |           |            |             |
| Bloco 2 – ITEM   | Inexiste | Existe  | Qualidade | Quantidade | Observações |
| Serviços de coleta e tratamento de esgoto  |          |   |           |            |             |
| Serviços de Coleta de Lixo   |          |   |           |            |             |
| Serviços de Coleta Seletiva  |          |   |           |            |             |
| Infraestrutura de Acessibilidade   |          |   |           |            |             |
| Existe Pavimentação/Calçamento   |          |   |           |            |             |
| Cobertura de Drenagem Urbana   |          |   |           |            |             |
| Transporte coletivo:   |          |   |           |            |             |
| Serviços de Limpeza Urbana   |          |   |           |            |             |
| Outros:  |          |   |           |            |             |

\*Este instrumental será utilizado apenas para fins desta pesquisa (Índice de Qualidade Ambiental da Sub-bacia hidrográfica das Timbaúba). O mesmo abordará o limite máximo do entorno de 200 metros do alcance de cada ponto selecionado. Se faz necessário que o responsável pelas informações, assine o instrumental autorizando a publicação das informações.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do responsável pelas informações.

Apêndice IV

Quadro A – Fontes dos dados utilizados nos cálculos de todos os indicadores considerados na determinação do IQAmbiental da sub-bacia hidrográfica das Timbaúbas.

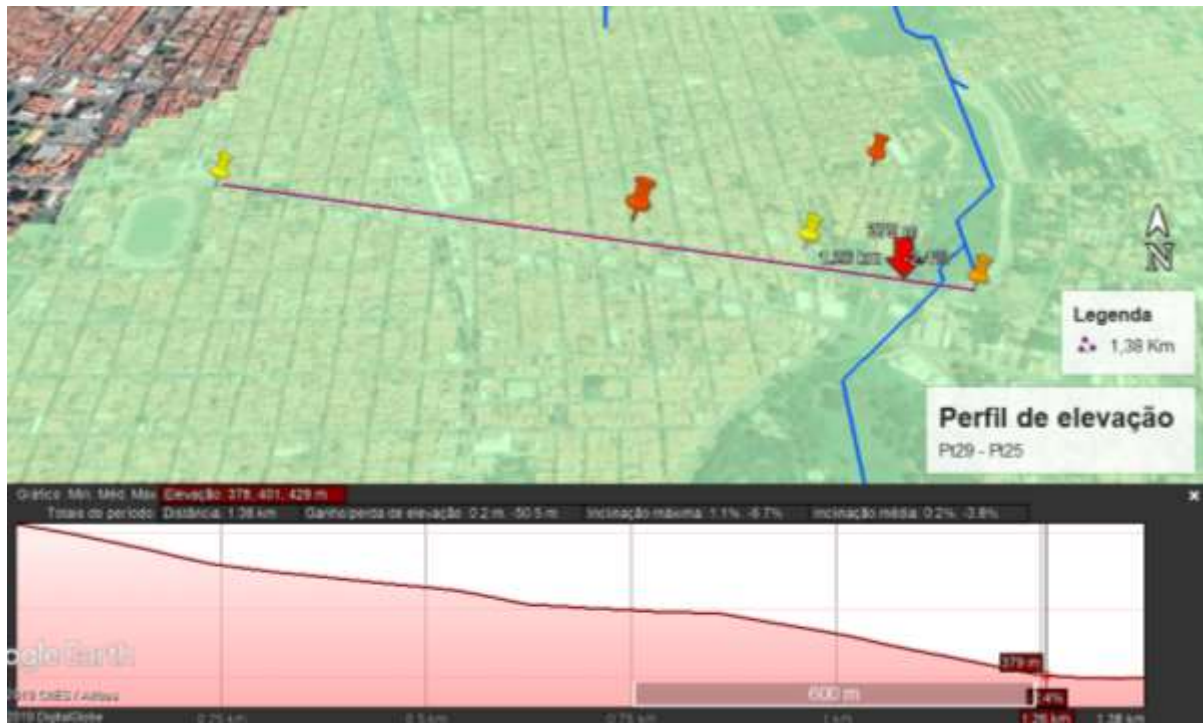
| INDICADORES           | FONTE DOS DADOS  | DADOS COLETADOS  |
|-----------------------|--|--|
| <b>SOCIOAMBIENTAL</b> |  |  |
| <i>IAA</i>            | CAGECE   | População atendida versus população total  |
| <i>IES</i>            | CAGECE   | População atendida versus população total  |
| <i>IL</i>             | MXM e Observação Ambiental   | Serviços de limpeza prestados pela a empresa na área da pesquisa: Coleta, tratamento e disposição dos resíduos sólidos e limpeza urbana.<br>Observação Ambiental: Esgoto a céu aberto, disposição inadequada de resíduos e animais soltos (Apêndice III) |
| <i>IDU</i>            | Observação Ambiental   | Existência e qualidade do sistema de drenagem (Apêndices III)  |
| <i>IAPP</i>           | Geoprocessamento, considerando o que preconiza as Leis Federais nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (Novo Código Florestal) e nº 12.727, de 17 de outubro de 2012 (30 m), para delimitação das APP. | Área preservada em termo de vegetação (Árvore e arbustos)  |
| <i>IP</i>             | Observação Ambiental   | Existência, quantidade e qualidade   |
| <i>IQFQRH</i>         | Análises laboratorial, para obtenção do IQFQA  | Oxigênio Dissolvido; Demanda Bioquímica de Oxigênio; Temperatura; pH; Turbidez; Resíduos Totais;   |

|             |   |  |
|-------------|---|--|
|             |   | Nitrogênio Total (Amoniacal, Orgânico); e Fósforo Total.   |
| <i>IAL</i>  | Observação ambiental  | Existência de praças e/ou parques públicos: infraestrutura adequada, iluminação e segurança pública local  |
| <i>IMU</i>  | Empresa responsável pelo transporte público local.  | Rotas, frequência dos serviços e infraestrutura dos ônibus quanto a acessibilidade para cadeirantes  |
|             | Observação ambiental, tomando-se por base a Política Nacional de Mobilidade Urbana – Lei 12.587 de 2012 | Infraestrutura dos terminais: (demarcação e/ou sinalização da parada de ônibus e pavimentação local), informações dos usuários sobre as linhas, horários, sinalização e iluminação no período noturno e acessibilidade.  |
| <i>IEPM</i> | Secretarias Municipais de Educação (Juazeiro do Norte e Barbalha) e visita in loco.                     | - Oferta e qualidade do ensino (Educação Infantil, Fundamental I e II) e número de alunos por turma, considerando o Projeto de Lei de nº 597-B de 2007.<br>- Atendimento Educacional Especializado, conforme o art. 58 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação.<br>-Oferta de lanche<br>- Infraestrutura da instituição de ensino local e do seu entorno (Apêndice III) |
| <i>ISeP</i> | Coordenadoria integrada de operações de segurança do Ceará - Ciops, sede em Juazeiro do Norte           | Número de casos de crimes de roubos, crimes violentos intencionais letais e crimes sexuais no ano de 2017 dos bairros inseridos na área da sub-bacia   |

|             |   |  |
|-------------|---|--|
| <i>ISaP</i> | Secretarias Municipais de Saúde (Juazeiro do Norte e Barbalha)  | Número de casos de dengue, leishmaniose tegumentar e visceral e chikungunya por bairros inseridos na área da sub-bacia |
| <i>IIP</i>  | Empresas terceirizadas dos municípios Juazeiro do Norte (Cosampa) e Barbalha (Proubi), responsáveis pela iluminação pública destes municípios | Cobertura dos serviços de iluminação pública na área da sub-bacia.   |
|             | Observação ambiental  | Efetividade e qualidade da iluminação pública nas ruas, nos espaços de lazer e terminais de ônibus                     |

## Apêndice V

Figura A – Perfil de elevação entre os pontos de coleta Pt29 (cota 428) da UA V e Pt25 (Cota 378) da UA IV



Fonte: Google Earth Pro. Elaboração: Autora (2019).

## **ANEXOS**

ANEXO I

**Quadro A** – Categorias de análise e variáveis propostas

| <b>ITEM</b> | <b>CATEGORIA DE ANÁLISE</b>      | <b>VARIÁVEIS</b>  |
|-------------|----------------------------------|---|
| 1           | Moradia                          | Conforto e segurança construtiva, acesso a propriedade/posse da terra, localização e higiene.   |
| 2           | Saneamento                       | Abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana.  |
| 3           | Infraestrutura urbana            | Energia elétrica, iluminação e sistema viário (mobilidade e acesso).  |
| 4           | Serviços urbanos                 | Abastecimento comercial, comunicação e transporte público.  |
| 5           | Infraestrutura social e cultural | Saúde, educação e lazer/cultura.  |
| 6           | Conforto do ambiente             | Conforto acústico, térmico e visual e qualidade do ar.  |
| 7           | Paisagem urbana                  | Espaços públicos, patrimônio histórico/artístico, patrimônio construído e áreas verdes, arborização, elementos e atributos naturais e comunicação visual. |
| 8           | Cidadania                        | Segurança pública, justiça e informação, acesso e participação na gestão pública e organização popular.   |

**Fonte:** Avaliação de Qualidade Ambiental Urbana (BORJA, 1997)

## ANEXO I

Quadro B – Quadro de Parâmetros ambientais usados pelo método de Battelle-Columbus

| <b>Ecologia (240)</b>  | <b>Polição Ambiental (402)</b>   | <b>Aspectos Estéticos (153)</b>  | <b>Interesse humano (205)</b>   |
|--|--|--|---|
| <b>Espécies e Populações</b>   | <b>Polição das Águas</b>   | <b>Solo</b>  | <b>Valores Científicos</b>  |
| <u><b>TERRESTRE</b></u><br>Pastos e Campos (14)<br>Plantações (14)<br>Vegetação Natural (14)<br>Espécies Daninhas (14)<br>Aves de caça (14)<br><br><p style="text-align: right;"><u><b>(140)</b></u></p> | <b>Perdas nas bacias hidrográficas</b><br>(20)<br>DBO (25)<br>OD (31)<br>Coliformes Fecais (18)<br>Carbono Inorgânico (22)<br>Nitrogênio Inorgânico (25)<br>Fosfato Inorgânico (28)<br>Pesticidas (16)<br>pH (18)<br>Variação de Vazão (28)<br>Temperatura (28)<br>Sólidos Dissolvidos Totais (25)<br>Substâncias Tóxicas (14)<br>Turbidez (20)<br><br><p style="text-align: right;"><u><b>(318)</b></u></p> | Material Geológico Superficial (12)<br>Relevo e Características topográficas (10)<br>Extensão e Alinhamento (10)<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><p style="text-align: right;"><u><b>(32)</b></u></p> | Arqueológicos (13)<br>Ecológicos (13)<br>Geológicos (11)<br>Hidrológicos (11)<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><p style="text-align: right;"><u><b>(48)</b></u></p> |
| <u><b>AQUÁTICAS</b></u><br>Pesca Comercial (14)<br>Vegetação Natural (14)<br>Espécies Daninhas (14)<br>Pesca Esportiva (14)  | <b>Polição do Ar</b><br>Monóxido de Carbono (5)<br>Hidrocarbonetos (5)<br>Óxidos de Nitrogênio (10)<br>Partículas Sólidas (12)   | <b>Ar</b><br>Odor e Visibilidade (3)<br>Sons (2)   | <b>Valores Históricos</b><br>Arquitetura e Estilo (11)<br>Eventos (11)<br>Personagens (11)<br>Religiões, Culturas (11)  |

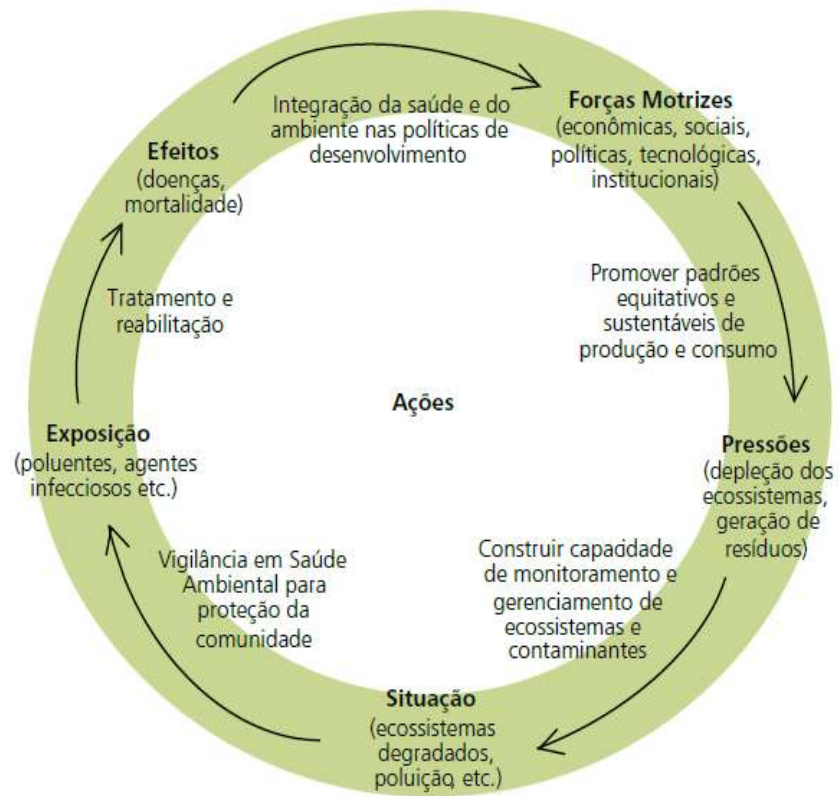


|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| Aves Aquáticas (14)<br><b>(100)</b>  | Oxidantes Fotoquímico (5)<br>Óxidos de Enxofre (10)<br>Outros (5)<br><b>(52)</b>  |  | “Fronteira Oeste” (11)<br><b>(52)</b>  |
| <b>Habitats e Comunidades TERRESTRES</b><br>Cadeias Alimentares (12)<br>Uso do solo (12)<br>Espécies raras ameaçadas (12)<br>Diversidade de Espécies (14)<br><b>(50)</b> | <b>Poluição do Solo</b><br>Uso do Solo (14)<br>Erosão do Solo (14)<br><b>(28)</b> | <b>Água</b><br>Presença de Água (10)<br>Interferência Solo-Água (16)<br>Odor e Material flutuante (6)<br>Superfície de Água (10)<br>Margens Arborizadas e Geologia (10)<br><b>(52)</b> | <b>Culturas</b><br>Indígenas (14)<br>Outros Grupos e Étnicos (7)<br>Grupos Religiosos (7)<br><b>(28)</b>                         |
| <b>AQUÁTICAS</b><br>Cadeias Alimentares (12)<br>Espécies raras ameaçadas (12)<br>Características Fluviais (14)<br>Diversidade de Espécies (14)<br><b>(52)</b>            | <b>Poluição Sonora</b><br>Ruídos (4)<br><b>(4)</b>                                | <b>Biota</b><br>Animais Domésticos (5)<br>Animais Selvagens (5)<br>Diversidade Vegetal (9)<br>Tipos de Vegetação (5)<br><b>(24)</b>  | <b>Sensações</b><br>Admiração (11)<br>Isolamento / Solidão (11)<br>Mistério (4)<br>Integração com a Natureza (11)<br><b>(37)</b> |
| <b>ECOSSISTEMAS</b><br>Somente Descritivo  |   | <b>Objetos</b><br>Objetos Artesenais (10)<br><b>(10)</b>   | <b>Padrão de Vida</b><br>Oportunidade de Emprego (13)<br>Habitação (13)<br>Relações Sociais (11)<br><b>(37)</b>                  |
|  |   | <b>Composição</b><br>Efeitos Compostos (15)<br>Elementos Singulares (15)<br><b>(30)</b>  |  |

Fonte: Wagh e Gujar (2014); Valoración de Impactos Ambientales (2007)

## ANEXO I

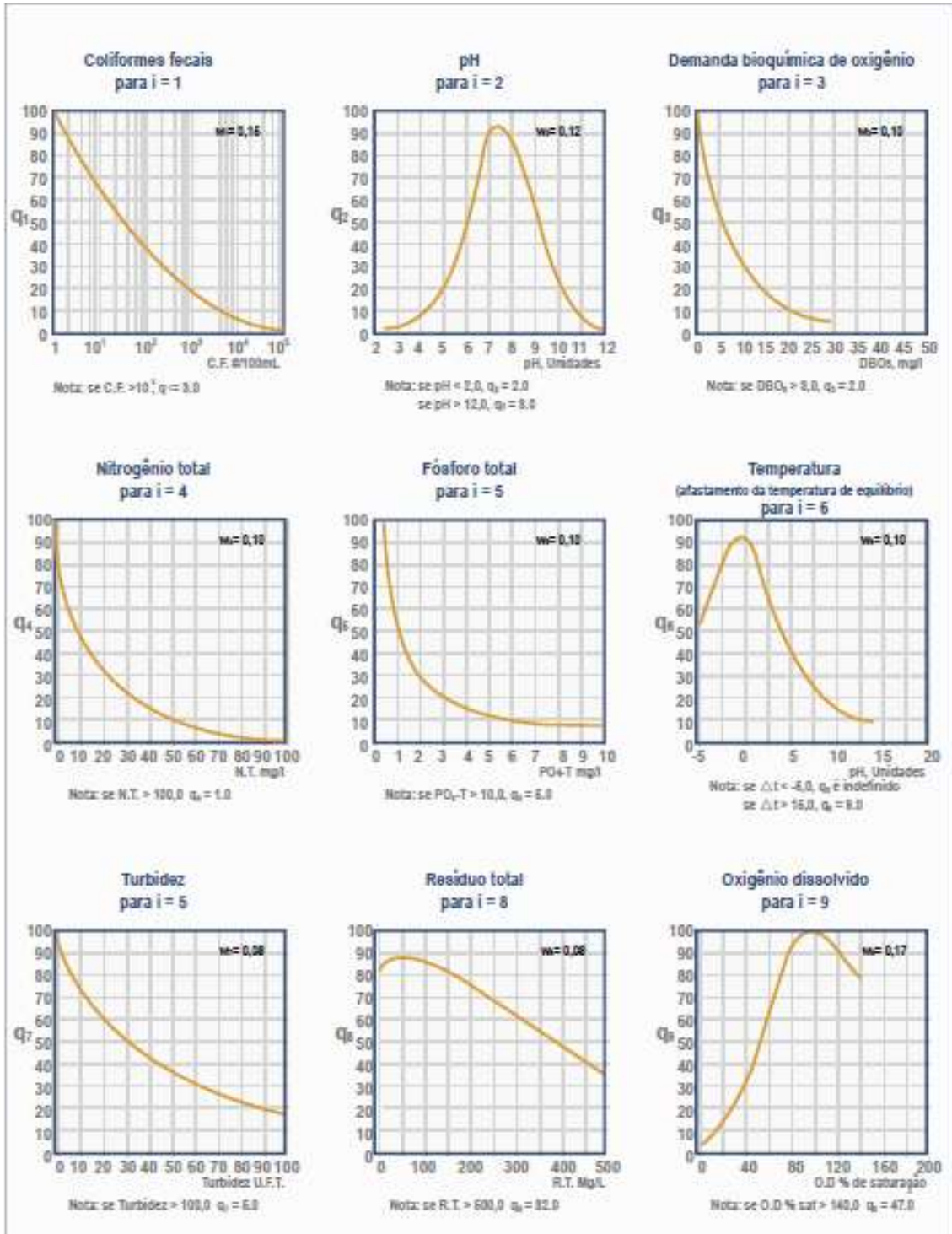
**Figura A** – Modelo Força Motriz-Pressão-Situação-Exposição-Efeito-Ação



Fonte: Brasil (2011)

## ANEXO II

**Figura A:** curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o



cálculo do IQA utilizadas pela Cetesb.

Fonte: CETESB (2005)