



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA TERRA E DO AMBIENTE – PPGM**



**PPGM**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DO ALTO DA  
BACIA DO RIO SUBAÉ SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.**

**ERIVALDO VIEIRA ADÔRNO**

**FEIRA DE SANTANA - BAHIA  
MARÇO DE 2012**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA TERRA E DO AMBIENTE – PPGM**



**PPGM**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DO ALTO DA  
BACIA DO RIO SUBAÉ SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.**

**ERIVALDO VIEIRA ADÔRNO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Taíse Bomfim de Jesus

**FEIRA DE SANTANA - BAHIA  
MARÇO DE 2012**

# ERIVALDO VIEIRA ADÔRNO

## AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DO ALTO DA BACIA DO RIO SUBAÉ SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana. Orientada pela Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Taíse Bomfim de Jesus. Linha de Pesquisa: Estudos Ambientais.

Data de aprovação: 27 de Março de 2012

BANCA EXAMINADORA:

Taíse Bomfim de Jesus

Dr<sup>a</sup>. Taíse Bomfim de Jesus (UEFS) – Orientadora e Presidente da Banca

Suzana M. O. Brito

Dr<sup>a</sup>. Suzana Modesto Brito (UEFS)

Cristiane N. Francisco

Dr<sup>a</sup>. Cristiane Nunes Francisco (UFF-RJ)

Autorizo a divulgação total ou parcial desse trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

ADORNO, Erivaldo Vieira

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DO ALTO DA BACIA DO RIO SUBAÉ SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.

Erivaldo Vieira Adôrno. – Feira de Santana, Bahia, 2012.

Orientadora: Taíse Bomfim de Jesus

Dissertação (Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente) - Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2012.

1. Modelagem. 2. Uso e Cobertura da Terra. 3. Qualidade da água. 4. Bacia Hidrográfica. 5. Sistema de Informação Geográfica. 6. Rio Subaé. 7. Regressão Linear. I. JESUS, Taíse Bomfim. II. Universidade Estadual de Feira de Santana. III. Departamento de Ciências Exatas. IV. Título.

CDU:

***“Purificar o Subaé  
Mandar os malditos embora  
Dona d'água doce quem é?”***

(Caetano Veloso)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por minha vida, família e amigos.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A Universidade Estadual de Feira de Santana, pela oportunidade de fazer o curso.

Ao Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA, pelo apoio institucional.

A professora Dr<sup>a</sup> Taíse Bomfim, pela excelente orientação, apoio incondicional e confiança.

A todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho, a exemplo de Elinaldo Santos, Leila Thaíse, Alexandra Cruz, Hérica Coelho, Prof. Willian Aguiar, Christiane Pinheiro, Geovana Paim, Moises Santos, Gabriel Palma, Jefferson Lima, Elaine Santos e Prof.<sup>a</sup> Dária Nascimento.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Influência do Uso e Ocupação da Terra sobre a qualidade da água	28
Figura 02 - Localização da Bacia Hidrográfica do rio Subaé, Bahia	41
Figura 03 - Localização do alto da Bacia Hidrográfica do Rio Subaé, Feira de Santana-Bahia	42
Figura 4. Imagem de satélite do alto da Bacia Hidrográfica do rio Subaé, Feira de Santana-Bahia	43
Figura 05 - Fluxograma da metodologia da pesquisa	46
Figura 06 - Pontos de amostragem da qualidade da água no Alto da Bacia Hidrográfica do rio Subaé, Feira de Santana, Ba	49
Figura 07 - Variáveis preditoras do alto da bacia do rio Subaé	58
Figura 08 - Altimetria e Unidades Geomorfológicas do alto da Bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.	61
Figura 09 - Declividade do terreno do alto da Bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.	62
Figura 10 - Solos do Alto da Bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.Fonte: UEFS, 1998	63
Figura 11 - Vegetação do Alto da Bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA. Fonte: DDF, 1998	64
Figura 12 - População residente por setor censitário no Alto da Bacia do rio Subaé. Fonte: IBGE, 2010	65
Figura 13 - Uso e Cobertura da Terra do Alto da Bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA	67
Figura 14 - Condomínio instalado na Lagoa Salgada, Feira de Santana-Ba	68
Figura 15 - Avanço da ocupação urbana espontânea sobre a nascente Pedro Suzart, Feira de Santana-Ba	68
Figura 16 - Dessedentação de animais na Lagoa Salgada, Feira de Santana-Ba.	69
Figura 17 - Ocupações espontâneas na Lagoa Subaé, lado Sul da BR-324, Feira de Santana-Ba.	71
Figura 18 - Presença de lixo nas proximidades da Lagoa Subaé, lado sul da	71

BR-324, Feira de Santana-Ba.	
Figura 19 - Aterramento da Lagoa Subaé, lado norte da BR-324, devido a implantação de indústrias (julho/2010).	72
Figura 20 - Aterramento da Lagoa Subaé, lado norte da BR-324, devido a implantação de indústrias (novembro/2010).	72
Figura 21 - Mata antropizada nas margens da lagoa Salgada, Feira de Santana-Ba.	73
Figura 22 - Olarias às margens da Lagoa Salgada, Feira de Santana-Ba.	74
Figura 23 - Ferramenta utilizada para extrair a argila na Lagoa Salgada, Feira de Santana-Ba.	74
Figura 24 - Índice pluviométrico dos anos de 2010 e 2011 da cidade de Feira de Santana-BA. Fonte: INEMA, 2012.	75
Figura 25 - Box plot das médias de pH obtidos nas análises de água superficial dos pontos de coleta localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.	78
Figura 26 - Distribuição dos valores médios de pH, em escalas, nos pontos de coleta do alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.	79
Figura 27 - Box plot das médias de temperatura obtidos nas análises de água superficial dos pontos de coleta localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.	81
Figura 28 - Distribuição dos valores médios de temperatura, em escalas, nos pontos de coleta do alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA	82
Figura 29 - Box plot das médias de sólidos totais obtidos nas análises de água superficial dos pontos de coleta localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.	84
Figura 30 - Distribuição dos valores médios de sólidos totais, em escalas, nos pontos de coleta do alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.	85
Figura 31 - Box plot das médias de fosfato obtidos nas análises de água superficial dos pontos de coleta localizados no alto da bacia do rio Subaé,	87

Feira de Santana/BA.

Figura 32 - Imagem do ponto de monitoramento localizado na nascente Pedro Suzarte, Feira de Santana/BA. 88

Figura 33 - Box plot das médias de turbidez obtidos nas análises de água superficial dos pontos de coleta localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.. 91

Figura 34 - Distribuição dos valores médios de turbidez, em escalas, nos pontos de coleta do alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA 92

Figura 35 - Box plot das médias de OD obtidos nas análises de água superficial dos pontos de coleta localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA. 94

Figura 36 - Distribuição dos valores médios de OD, em escalas, nos pontos de coleta do alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA. 95

Figura 37 - Box plot das médias de DBO obtidos nas análises de água superficial dos pontos de coleta localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA. 97

Figura 38 - Distribuição dos valores médios de DBO, em escalas, nos pontos de coleta do alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA 98

Figura 39 - Espacialização da Regressão OD x Altimetria 105

Figura 40 - Espacialização da Regressão OD x Declividade 106

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Classes e respectivos usos da água conforme a Resolução CONAMA nº 357, de 2005	31
Tabela 02 - Percentuais de ocupação e uso no alto da bacia do rio Subaé	66
Tabela 03 - Medidas descritivas das características físico-química da qualidade da água no alto da bacia do rio Subaé.	101
Tabela 04 - Frequência das variáveis em estudo no alto da bacia do rio Subaé.	102
Tabela 05 - Modelo de Regressão Linear Múltiplo da Variável OD	105

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01- Características Físicas da Água adaptado de VON SPERLING (2007).	33
Quadro 02 - Características Químicas da Água adaptado de VON SPERLING (2007)	34
Quadro 03 - Características dos pontos de monitoramento, localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana-BA	48
Quadro 04 - Descrição e imagem dos pontos de monitoramento localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana-BA	50
Quadro 05 - Valores pH obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.	76
Quadro 06- Valores de temperatura da água obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.	80
Quadro 07- Valores de sólidos totais da água obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.	83
QUADRO 08 - Valores de fosfato na água superficial obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.	86
QUADRO 09 - Valores de nitrato na água superficial obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA	89
QUADRO 10 - Valores de turbidez na água superficial obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.	90
QUADRO 11 - Valores de OD na água superficial obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA	93
QUADRO 12 - Valores de DBO na água superficial obtidos por ponto de	96

monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

QUADRO 13 - Valores de coliformes termotolerantes na água superficial obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA

99

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
CIS	Centro Industrial do Subaé
CNAE	Comissão Nacional de Atividades Espaciais
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CRA	Centro de Recursos Ambientais
FERHBA	Fundo Estadual de Recursos Hídricos da Bahia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LSA	Lagoa Salgada
LSU	Lagoa Subaé
MUG	
NASA	Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço
NPS	Nascente do rio Subaé na rua Pedro Suzart em Feira de Santana, Ba
ONPG	
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S/A
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PRODETUR	Programa de Desenvolvimento do Turismo
RADAMBRASIL	Levantamento Radagramétrico do Brasil
RPGA	Região de Planejamento e Gestão das Águas
SEIRH	Sistema Estadual de Informações de Recursos Hídricos
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SPOT	Satélites de Observação da Terra
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
UEFS	Universidade Estadual de Feira de Santana
UGI	União Geográfica Internacional
UTM	Universal Transversa de Mercator

UV

Ultravioleta

## LISTA DE ANEXOS

- 01 Quadro dos resultados de análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos in situ e em laboratório da primeira campanha de monitoramento – Setembro/2010.
- 02 Quadro dos resultados de análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos in situ e em laboratório da segunda campanha de monitoramento – Dezembro/2010.
- 03 Quadro dos resultados de análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos in situ e em laboratório da terceira campanha de monitoramento – Março/2011.
- 04 Quadro dos resultados de análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos in situ e em laboratório da quarta campanha de monitoramento – Agosto/2011.
- 05 Quadro dos resultados de análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos in situ e em laboratório da quinta campanha de monitoramento – Novembro/2011.
- 06 Gráfico dos resíduos do modelo de regressão linear múltiplo das concentrações de oxigênio dissolvido (OD).
- 07 Gráfico dos resíduos do modelo de regressão linear múltiplo da variável DBO.
- 08 Tabela do Modelo de Regressão Linear Múltiplo da Variável Turbidez.
- 09 Gráfico dos resíduos do modelo de regressão linear múltiplo da variável Turbidez.
- 10 Comandos usados no *software* R para gerar as estatísticas.

## RESUMO

Alterações na quantidade, distribuição e qualidade dos recursos hídricos ameaçam a sobrevivência humana e as demais espécies do planeta, estando o desenvolvimento econômico e social dos países fundamentados na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de sua conservação e proteção. No Brasil, embora a água seja considerada um recurso abundante, existem áreas muito carentes a ponto de transformá-la em um bem limitado às necessidades do homem. O alto curso da bacia do rio Subaé, Feira de Santana-BA abrange uma área de 20,62 Km<sup>2</sup> e está caracterizado principalmente por demandas de usos urbanos, industriais e agrícolas, o que implica na grande pressão pela utilização das suas águas superficiais para serem receptoras de efluentes industriais do Centro Industrial do Subaé (CIS) e, principalmente, de esgotos domésticos provenientes de vários bairros adjacentes da cidade de Feira de Santana. O objetivo geral desta pesquisa é determinar os aspectos socioambientais do alto da bacia do rio Subaé e avaliar as possíveis influências sobre a qualidade das águas superficiais. A metodologia empregada para alcançar este objetivo passou pelo entendimento do impacto de aspectos socioambientais sobre os parâmetros físico-químicos indicados como importantes para avaliar a qualidade da água superficial. Para tal, houve uma integração de planos de informação em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e utilização da Regressão Linear para determinar o nível de relação entre estes aspectos socioambientais e os valores de OD, DBO e Turbidez, encontrados a partir do monitoramento da qualidade da água. Através da comparação dos parâmetros de qualidade de água analisados e os valores disponíveis na legislação ambiental foi possível constatar que, principalmente as nascentes do rio Subaé, estão comprometidas. O monitoramento da qualidade de corpos d'água do alto da bacia do rio Subaé e a utilização de novas ferramentas para a análise da qualidade deste ambiente permite a adoção de medidas de supressão e/ou redução dos usos que ocasionam as alterações ambientais na região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem, Uso e Cobertura da Terra, Qualidade da água, Bacia Hidrográfica, Rio Subaé, Regressão Linear e SIG.

## ABSTRACT

Alterations in the quality, distribution and quantity of the hydro resources endanger the human survival and the other species of the planet, as the economic and social development of the countries is fundamented in the disponibility of good quality water and in the capability of its conservation and protection. In Brasil, although water is considered a abundant resource, there are really poor areas for those water becomes a limited resource to human needs. The high cost of river Subaé bay, Feira de Santana - BA surrounds an area of 20.62 square kilometers and it is characterized mainly for the demand of urban, industrial and agricultural uses, what reflects in the big pressure for the utilization of the superficial water to receptors for industrial effluents of Industrial Center of Subaé (CIS) and, mainly, domestic sewage coming from different neighborhood in Feira de Santana. The main goal of this research is to determine the socialenvironmental aspects of the high of river Subaé bay and evaluate the possible influence over the quality of superficial water. The methodology employed to reach the goal passed by the understanding of the impact of aspects socioenvironmental over the physic-chemistry indicated as important to evaluate the quality of superficial water. For this, there was an integration of information plans in place of Geografic Information System (GIS) and utilization of the Linear Regression to determine the level of relation between these socioenvironmental aspects and the value of DO, BOD and Turbidity, found with the monitoring of the quality of water. Through the comparison of quality parameters of water analyzed and the disponible value in the environmental legislation it was possible to see that, mainly the nascents of river Subaé, are at risk. The monitoring of quality of water in the river Subaé bay and the utilization of new tools to the analysis of the quality of this environment allows the adoption of measures of supression and/or reduction of the uses that create the environmental alterations in the region.

**Key-words:** Modeling, Use and Coverage of ground, quality of water, Hydrografic Bay, River Subaé, Linear Regression and GIS

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE QUADROS	iii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	iv
LISTA DE ANEXOS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO .....	20
2. OBJETIVOS .....	24
2.1 Objetivo geral .....	24
2.2 Objetivos específicos .....	24
3. BASE CONCEITUAL.....	25
3.1 Região Hidrográfica.....	25
3.2 Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA).....	26
3.3 Bacias Hidrográficas.....	27
3.4 Instrumentos para a Gestão das Águas.....	29
3.5 Enquadramento de Corpos d'água.....	30
3.6 Qualidade das Águas.....	31
3.6.1 As Variáveis Físicas e Químicas da Água.....	32
3.7 Uso e cobertura da terra e seu levantamento .....	35
3.8 Modelos.....	35

3.9 Espacialização da Modelagem de dados Geográficos.....	37
3.10 REGRESSÃO LINEAR.....	38
3.10.1 Regressão Linear Múltipla.....	38
4. ÁREA DE ESTUDO.....	40
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
...5.1 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS BIBLIOGRÁFICOS.....	46
5.2 TRABALHOS DE CAMPO.....	47
5.3 CONFECÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS E SOCIOAMBIENTAIS.....	54
5.3.1 Altimetria.....	54
5.3.2 Declividade.....	55
5.3.3 População.....	55
5.3.4 Solos.....	56
5.3.5 Uso e Cobertura da Terra.....	56
5.4 ANÁLISE GEOESTATÍSTICA.....	57
5.4.1 Seleção das Variáveis Predictoras e Seleção do Modelo.....	58
5.4.2 Validação do Modelo.....	58
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
6.1 VARIÁVEIS SOCIOAMBIENTAIS.....	61
6.1.1 Altimetria.....	61
6.1.2 Declividade.....	62
6.1.3 Solos.....	63
6.1.4 Vegetação.....	64
6.1.5 População.....	65
6.1.6 Delimitação do Uso e Cobertura da Terra.....	66

6.2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	75
6.2.1 pH.....	76
6.2.2 Temperatura da água superficial.....	79
6.2.3 Sólidos Totais.....	82
6.2.4 Fosfato.....	85
6.2.5 Nitrato.....	88
6.2.6 Turbidez.....	90
6.2.7 Oxigênio Dissolvido.....	92
6.2.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	96
6.2.9 Coliformes Termotolerantes e Fecais.....	99
6.3 Modelagem Estatística.....	100
6.3.1 Análise Estatística Descritiva.....	100
6.3.2 Estatística Inferencial (Regressão Linear).....	104
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	107
REFERÊNCIAS .....	108
ANEXOS	116

## 1 INTRODUÇÃO

A água é abundante na maior parte do planeta Terra, perfazendo um total ocupado de 70% da superfície terrestre. Todavia, do total dessa água, menos de 0,01% é de água superficial (ANA, 2010) e apenas 0,007% é aproveitável pela humanidade (TEIXEIRA, 2003). Destas, o Brasil possui quase 13% (ANA, 2002). A ideia de abundância gerada por esta enorme quantidade de água disponível gerou graves problemas no que tange a gestão dos recursos hídricos, onde o importante é garantir quantidade e qualidade de água para os seus usos múltiplos.

Segundo Tundisi (1999), alterações na quantidade, distribuição e qualidade dos recursos hídricos ameaçam a sobrevivência humana e as demais espécies do planeta, estando o desenvolvimento econômico e social dos países fundamentados na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de sua conservação e proteção.

No Brasil, embora a água seja considerada recurso abundante, existem áreas muito carentes a ponto de transformá-la em um bem limitado às necessidades do homem. Normalmente, a sua escassez é muito mais grave em regiões onde o desenvolvimento ocorreu de forma desordenada, provocando a deterioração das águas disponíveis, devido ao lançamento indiscriminado de esgotos domésticos, despejos industriais, agrotóxicos e outros poluentes (MOITA & CUDO, 1991).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (1997) considera, em um dos seus fundamentos, a bacia hidrográfica como unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Considerando que a bacia é o espaço físico de gestão dos diversos usos da água, uma unidade de análise onde se pode melhor perceber e entender os impactos da ação antrópica sobre a quantidade e principalmente a qualidade da água.

Neste sentido, o planejamento e gestão de bacias hidrográficas estão sendo cada vez mais enfocados nas pesquisas técnico-científicas. O monitoramento ambiental, em bacias hidrográficas, procura caracterizar aspectos relevantes que permitam diagnosticar as mudanças que ocorrem no uso e ocupação do solo, tornando possível avaliar os efeitos das atividades humanas exercidas nas bacias hidrográficas sobre os ecossistemas. Por isso, é indicado monitorar variáveis

ambientais que sejam sensíveis às mudanças que possam vir a ocorrer (QUEIROZ, 2010).

O conhecimento sobre a qualidade dos cursos d'água de uma bacia é de extrema importância, uma vez que a partir dessas informações é possível inferir sobre as condições da bacia hidrográfica como um todo (QUEIROZ, 2010).

Segundo Arcova *et al.* (1998), os vários processos que controlam a qualidade da água de determinado manancial fazem parte de um frágil equilíbrio, motivo pelo qual alterações de ordem física, química ou climática, na bacia hidrográfica, podem modificar a sua qualidade.

Para caracterizar a qualidade da água, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) desde 1986 vem estabelecendo níveis e parâmetros de qualidade da água. Estes procuram representar de forma padronizada as características físicas, químicas e biológicas da água para determinados usos e implicam em condições inapropriadas quando alcançam valores superiores aos pré-estabelecidos para estes parâmetros.

A qualidade da água de uma microbacia pode ser influenciada por diversos fatores, dentre eles, estão: o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia, bem como o tipo, o uso e o manejo do solo da bacia hidrográfica (VAZHEMIN, 1972; PEREIRA, 1997).

O estudo desses fatores e suas inter-relações tem obtido grande avanço advindos da ciência - Sensoriamento Remoto. Destacando a utilização de imagens de satélite como uma nova metodologia para estudos de Uso da Terra (IBGE, 2006). As imagens de satélite possibilitam, a partir da classificação das cenas que recobrem a área de estudo, a extração de classes de Uso e Cobertura da Terra.

A simples identificação dos diversos usos e ocupações e dados socioambientais presentes na área de estudo não são suficientes para determinar o que está provocando alterações nas propriedades físico-químicas das águas. O uso de indicadores físico-químicos da qualidade da água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam essas de origem antrópica ou natural (DONADIO *et al.*, 2005).

As técnicas de análise estatística espacial, a exemplo da Regressão Linear, um método que permite o entendimento da relação entre uma variável resposta e uma ou mais variáveis independentes (VENTICINQUE *et al.*, 2007), na forma de

probabilidade de ocorrência, estão sendo largamente utilizadas para apoiar os estudos de qualidade de ecossistemas aquáticos.

Neste sentido, podem-se exemplificar os trabalhos de Lima (2001) que utilizou a Regressão Linear e SIG com o objetivo de medir, avaliar e identificar a relação entre as variáveis e os impactos da urbanização sobre o rio Cuiabá, nas últimas décadas. Bollmann (2003) testou a Regressão Linear em um estudo de análise da variação de alguns parâmetros físico-químicos da qualidade da água de pequenos rios urbanos em locais com baixa a média ocupação populacional na Região Metropolitana de Porto Alegre/RS. Ahearn et. al (2005) aplicaram estudos de regressão para analisar o impacto do uso e cobertura terra sobre rio no oeste da Serra Nevada, Califórnia. Crippa (2006) buscou destacar no seu estudo a importância da utilização de estatísticas, a exemplo da Regressão Linear, para o gerenciamento dos dados de qualidade da água. Por último, Souza (2008) apresenta um estudo integrando Geoprocessamento e técnicas estatísticas para identificar áreas potenciais à degradação da qualidade da água na bacia do rio Piracicaba/MG.

O rio Subaé nasce em Feira de Santana, a 108 km de Salvador. A localização das nascentes deste rio se dá em áreas consideradas periféricas da cidade e formam uma região de lagoas. São delas que escorrem as águas que deram origem ao conhecido rio e que junto com tantos outros formam a Bacia Hidrográfica do Subaé. Esta bacia encontra-se localizada na região denominada de Recôncavo Norte no Estado da Bahia. Este conjunto hidrográfico drena parte dos municípios de Feira de Santana, São Gonçalo dos Campos, Amélia Rodrigues, Santo Amaro da Purificação e São Francisco do Conde, numa área de 655 km<sup>2</sup>. Depois de 55 km, o rio Subaé finalmente chega à Baía de Todos os Santos, a mais importante baía navegável do país (GERMEN, 1997).

O alto curso da bacia do rio Subaé abrange uma área de 20,62 km<sup>2</sup> e está caracterizado principalmente por demandas de usos urbanos, industriais e agrícolas, o que implica na grande pressão pela utilização das suas águas superficiais para serem receptoras de efluentes industriais do Centro Industrial do Subaé (CIS) e, principalmente, de esgotos domésticos provenientes de vários bairros adjacentes da cidade de Feira de Santana. Esta pressão exercida sobre as águas superficiais por esta diversidade de usos e ocupações justifica a necessidade do monitoramento da qualidade destas águas, bem como a busca do entendimento do percentual de

influência de cada um destes usos em provocar alterações sobre a qualidade das mesmas.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Determinar e analisar os aspectos socioambientais do alto da bacia do rio Subaé e avaliar as possíveis influências sobre a qualidade das águas superficiais.

### 2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Mapear o uso e ocupação da terra;
- ✓ Detectar os aspectos socioambientais da área de estudo;
- ✓ Estruturar um banco de dados em ambiente SIG com informações do alto da bacia hidrográfica do rio Subaé e dados da qualidade da água nos pontos de monitoramento;
  - ✓ Apresentar o estado físico-químico da água com o monitoramento a cada três meses por um período de 15 meses;
  - ✓ Comparar os resultados do monitoramento da qualidade da água encontrados com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005;
  - ✓ Elucidar o nível de relação entre fatores socioambientais presentes no entorno das nascentes e lagoas com os resultados do monitoramento da qualidade da água (OD, DBO e Turbidez);

### **3. BASE CONCEITUAL**

Esta pesquisa teve como base fundamental o relacionamento, em ambiente SIG, de dados socioambientais referentes a uma bacia hidrográfica, de monitoramento da qualidade da água, da análise estatística espacial e de vários aspectos que envolvem a gestão dos recursos hídricos. Desta forma é necessário desenvolver a base conceitual sobre a qual a pesquisa foi desenvolvida:

#### **3.1 Região Hidrográfica**

A resolução nº 32 de 15 de outubro de 2003, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), instituiu a Divisão Hidrográfica Nacional em Regiões Hidrográficas, com o intuito de orientar, fundamentar e implementar o Plano Nacional de Recursos Hídricos.

Ainda de acordo com esta resolução, considera-se como Região Hidrográfica o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

Esta mudança da concepção de planejamento e gestão do recurso hídrico por bacia para região hidrográfica visou o estabelecimento de uma base organizacional que contemplasse não somente bacias hidrográficas como unidade de gerenciamento de recursos hídricos, como também seus agrupamentos, ou seja, as referidas regiões hidrográficas. Também, teve como objetivo a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e uma base de dados referenciada por bacia, no âmbito nacional, para a integração das informações em recursos hídricos.

A bacia do rio Subaé está inserida na Região Hidrográfica do Atlântico Leste. Esta região contempla 526 municípios, capitais de Estado, tais como Aracaju e Salvador e parques industriais. A área desta região compreende 374.677 km<sup>2</sup>, o que equivale a 4% do território brasileiro, com uma população residente, em 2000, de 13.641.045 habitantes, representando 8% da população do país e uma densidade demográfica de 36 hab/km<sup>2</sup>, enquanto a média do Brasil é de 19,8 hab/ km<sup>2</sup> (ANA, 2010).

O fato da bacia do Subaé estar inserida em uma região hidrográfica de grande extensão territorial, de grande potencial hídrico e ambientalmente impactada por intensas atividades econômicas se torna um fator complicador para a gestão das suas águas e matas. Porções dos Biomas Floresta Atlântica, Caatinga, pequena área de Cerrados, bem como biomas Costeiros e Insulares estão presentes, apesar de nesta região ter acontecido uma das maiores evoluções da ação antrópica sobre a vegetação nativa - a caatinga. Esta vegetação foi devastada pela pecuária que invadiu os sertões, o Recôncavo Baiano e a Zona da Mata para a implantação da cultura canavieira; enquanto as matas úmidas do sul da Bahia foram substituídas pelas plantações de cacau. Ainda hoje, o extrativismo vegetal, principalmente para exploração do potencial madeireiro, representa uma das atividades de maior impacto sobre o meio ambiente (ANA, 2010).

### **3.2 Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA)**

No ano de 2004 o estado da Bahia divulgou o seu Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), onde foi proposta uma subdivisão estadual em Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA). Esta iniciativa objetivou criar um sistema de gestão, no qual o principal objetivo, seria a busca de soluções adequadas para as regiões com problemas hídricos e socioeconômicos semelhantes.

A resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CONERH nº 43 de 02 de março de 2009, considera RPGA o espaço territorial baiano compreendido por uma bacia, uma sub-bacia, ou grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares em escala regional, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

Em 2004 o estado da Bahia foi dividido em dezessete RPGA'S. Posteriormente em 2009, após revisões e estudos mais aprofundados, passou para um total de vinte e seis. Isto possibilitou equacionar problemas de gestão, por exemplo, uma vez que houve um aumento da quantidade das RPGA e, conseqüentemente, uma redução da extensão territorial de muitas delas.

E finalmente em 2011, após uma segunda revisão, o território baiano foi dividido em 25 RPGA, através da Resolução CONERH nº 80. Esta junção objetivou

aprimorar as RPGA para a eficácia da implementação dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos (CONERH, 2011).

Seguindo a Política Nacional de Recursos Hídricos, o estado da Bahia com as RPGA procura conceber a gestão e planejamento dos recursos hídricos a partir das bacias hidrográficas:

Cada Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) será subdividida na elaboração dos planos de recursos hídricos (Estadual ou da RPGA) em Unidades de Análise, compreendidas por uma bacia, uma sub-bacia, ou grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas mais homogêneas ou similares, de acordo com as necessidades de gestão das águas estaduais da RPGA (Resolução CONERH nº 43 de 02 de março de 2009).

A bacia do rio Subaé, dentre outras bacias hidrográficas, se insere na Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) do Recôncavo Norte. Esta RPGA possui uma área de 16,2km<sup>2</sup>.

### **3.3 Bacias Hidrográficas**

De acordo Guerra (1978) e Silva (1995) a bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água, sendo drenada superficialmente por um curso d'água principal e seus afluentes.

A lei Federal Nº 9.433 de 1997, conhecida como a lei da Política Nacional dos Recursos Hídricos, ratifica a Bacia Hidrográfica como unidade territorial para planejamento e gestão dos recursos hídricos. A análise do Uso e Ocupação da Terra sobre uma bacia hidrográfica permite elucidar sobre o estado de preservação ambiental em que ela se encontra e, a partir desta informação prever um adequado planejamento ambiental a fim de minimizar o impacto deste uso sobre o meio ambiente (Figura 01).

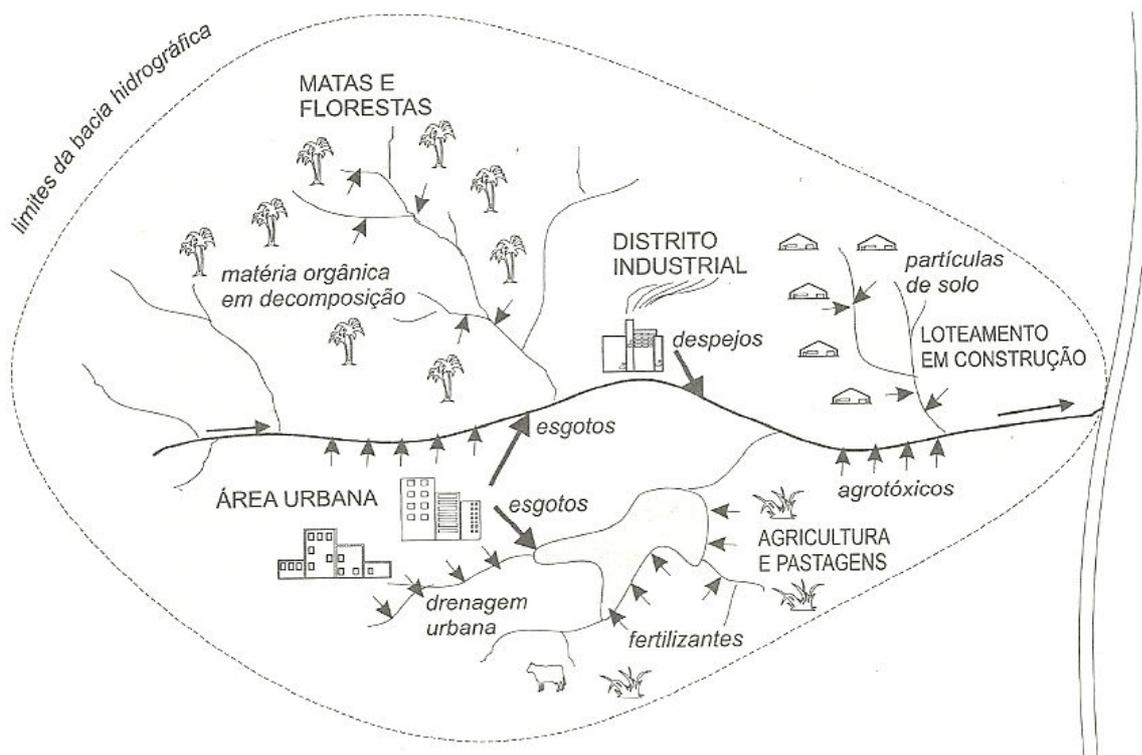


Figura 01 – Influência do Uso e Ocupação da Terra sobre a qualidade da água  
 Fonte: VON SPERLING, 2005.

Attanasio (2004) reforça esta afirmação a partir do conceito de microbacia como uma unidade básica de planejamento para compatibilização dos recursos naturais e da produção agropecuária. Afirma também que as microbacias hidrográficas possuem características ecológicas, geomorfológicas e sociais integradoras, o que possibilita a abordagem holística e participativa, envolvendo estudos interdisciplinares para o estabelecimento de formas de desenvolvimento sustentável inerentes ao local e região onde foram implementados.

Calijuri & Bubel (2006) afirmam que microbacias são formadas por canais de 1ª e 2ª ordem e, em alguns casos, de 3ª ordem, devendo ser definida como base na dinâmica dos processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos. As microbacias são áreas frágeis e frequentemente ameaçadas por perturbações, nas quais as escalas espaciais, temporais e observacional são fundamentais.

As bacias hidrográficas apresentam variações altimétricas da nascente à foz do seu rio principal e a sua perfeita caracterização requer o detalhado levantamento acerca de características topográficas como área e forma, densidade da rede de

drenagem, comprimento e declividade da bacia e do canal principal (GREGORY e WALLING, 1973, apud GOLDENFUM 2001).

O perfil longitudinal é a representação da relação do comprimento horizontal do canal principal do rio que compõe uma bacia com a variação altimétrica. Assim é possível dividir a bacia hidrográfica em trechos com valores próximos de declividade, tais como alto, médio e baixo curso.

A distinção da bacia por homogeneidade altimétrica permite que se trabalhe um trecho específico, que no caso da área de estudo desta pesquisa, situa-se no alto curso.

O problema da gestão dos recursos hídricos no estado da Bahia passa pela adoção de Instrumentos para a gestão das águas, tais como monitoramento da qualidade da água, cadastramento de usuários, outorga e enquadramento de corpos d'água.

### **3.4 Instrumentos para a Gestão das Águas**

As leis estaduais nº 11.612 de 2009 e 12.212 de 2011 definem a obrigatoriedade da execução dos instrumentos que regem a Política Estadual de Recursos Hídricos. Esta possui dez instrumentos. São eles: O Plano Estadual de Recursos Hídricos; Os Planos de Bacias Hidrográficas; O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes; a outorga de direito de uso de recursos hídricos; A cobrança pelo uso de recursos hídricos; O Sistema Estadual de Informações de Recursos Hídricos – SEIRH; O monitoramento das águas; A fiscalização do uso de recursos hídricos; O Fundo Estadual de Recursos Hídricos da Bahia – FERHBA e a Conferência Estadual do Meio Ambiente.

O monitoramento da qualidade da água teve grande enfoque neste estudo, pois os dados de qualidade da água possibilitam um diagnóstico das propriedades físico-químicas das águas superficiais, e a comparação com os padrões estabelecidos pelas resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA desde 1986 emite resoluções com parâmetros de qualidade da água para possíveis enquadramentos de corpos hídricos, sendo substituída após 20 anos pela resolução 357 de 2005, tendo sido atualizada em 2011 pela resolução CONAMA 430/2011.

A resolução CONAMA 357/2005, possui 50 artigos apresentados em seis (6) capítulos. Destes, se destacam os capítulos II (classificação dos corpos de água), o Capítulo III (condições e padrões de qualidade das águas), o Capítulo IV (condições e padrões de lançamento de efluentes) e Capítulo V (Diretrizes Ambientais para o enquadramento sem subdivisões formais: Águas doces águas salinas; águas salobras, efluentes, balneabilidade e disposições gerais).

Ainda de acordo com essa resolução, as águas do território nacional foram classificadas em doces (salinidade  $\leq 0,05\%$ ), salobras (salinidade  $> 0,05\%$  e  $<$  que  $30\%$ ) e salinas (salinidade  $\geq 30\%$ ), as quais integram 13 classes de uso, conforme a qualidade requerida para os usos preponderantes.

Para as águas doces estão estabelecidas cinco classes, das quais a região em estudo apresenta-se enquadrada na classe 2 e destacam-se os usos de abastecimento industrial, dessedentação de animais, mineração, irrigação e lançamento de efluentes domésticos e industriais, sendo estas as principais fontes de poluição, o que reflete nas condições de qualidade dos corpos d'água.

### **3.5 Enquadramento de Corpos d'água**

De acordo ANA (2010), o enquadramento (Tabela 01) estabelece uma meta para um nível de qualidade de água ser alcançado ou mantido ao longo do tempo em um determinado corpo d'água. Neste sentido, ainda de acordo ANA (2010), o enquadramento não pode ser entendido como uma simples classificação e sim como um instrumento de planejamento, pois toma-se como base os níveis de qualidade que um determinado corpo d'água deveria possuir ou ser mantido para atender às necessidades estabelecidas pela sociedade e não apenas a condição atual do corpo d'água em questão. Complementa ainda que conforme o art. 9º da lei nº 9.433, de 1997, o enquadramento busca “assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas” e a “diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes”.

Tabela 1. Classes e respectivos usos da água conforme a Resolução CONAMA no 357, de 2005

CLASSES	USOS
Águas Doces	ESPECIAL - abastecimento para consumo humano, com desinfecção; - preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; - preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral
	1 - abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; - proteção das comunidades aquáticas; - recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n. 274, de 2000; - irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e - proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
	2 - abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; - proteção das comunidades aquáticas; - recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n. 274, de 2000; - irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e - aquicultura e à atividade de pesca
	3 - abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; - irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; - pesca amadora; - recreação de contato secundário; e - dessedentação de animais
	4 - navegação; - harmonia paisagística.
ÁGUAS SALINAS	ESPECIAL - preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e - preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
	1 - recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA n. 274, de 2000; - proteção das comunidades aquáticas; e à aquicultura e à atividade de pesca.
	2 - pesca amadora; - recreação de contato secundário.
	3 - navegação; - harmonia paisagística.
ÁGUAS SALOBRAS	ESPECIAL - preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e, - preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
	1 - recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA n. 274, de 2000; - proteção das comunidades aquáticas; - aquicultura e à atividade de pesca; - abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e - irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
	2 - pesca amadora; - recreação de contato secundário.
	3 - navegação; - harmonia paisagística

Fonte: adaptado de ANA (2007)

### 3.6 Qualidade das Águas

Para a utilização do termo 'qualidade de água' é necessário compreender que esse não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas simplesmente às características químicas, físicas e biológicas, e que, conforme essas características são estipuladas diferentes finalidades para a água (MERTEN & MINELLA, 2002).

A qualidade da água, segundo Meybeck & Helmer (1992), é definida por uma série de concentrações, especificações e partículas físicas de substâncias orgânicas e inorgânicas, e pela composição e estado da biota aquática encontrada no corpo

hídrico, sendo que a qualidade do ambiente aquático mostra as variações temporais e espaciais em função dos fatores internos e externos do mesmo.

As condições de qualidade da água estão condicionadas a fenômenos naturais e à atuação do homem (uso e ocupação da terra). Entre as condições naturais estão os processos de escoamento superficial e infiltração no solo provenientes da precipitação, onde o material sedimentar é carregado pelas águas pluviais até o rio e lagoas, alterando assim a sua composição. Este fenômeno pode ser agravado com a remoção da mata nativa, deixando o solo exposto, ou ainda através de lançamentos de efluentes domésticos, industriais e agrícolas (VON SPERLIN, 2005). Desta forma torna-se importante o estudo do uso e cobertura da terra para o pleno entendimento da correlação entre a ação humana e as alterações percebidas nos planos de monitoramento dos recursos hídricos.

Deste modo, a qualidade da água superficial e subsuperficial são bons indicadores, respectivamente, de tendência e de condição (estado atual) de uma microbacia.

### **3.6.1 As Variáveis Físicas e Químicas da Água**

As principais características da água podem ser agrupadas em três categorias: físicas, químicas e microbiológicas e o estudo qualitativo e/ou quantitativo dessas categorias são responsáveis pelo controle da qualidade do ambiente (Quadros 01 e 02).

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Temperatura	É a medição da intensidade de calor
Condutividade	é a medida resultante da aplicação de uma dada força elétrica, que é diretamente proporcional à quantidade de sais presentes em uma solução. Devido à facilidade e rapidez de determinação da condutividade elétrica, este se tornou um parâmetro padrão para expressar a concentração total de sais para classificação de solos e das águas destinadas à irrigação (BERNARDO, 1995). Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água.
Turbidez	É o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. Material em suspensão na água, como por exemplo, partículas insolúveis de solo, matéria orgânica e organismos microscópicos

Quadro 01. Características Físicas da Água adaptado de Von Sperling (2007).

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	
Sólidos totais	A detecção de sólidos suspensos ou dissolvidos indica a possibilidade de turvação da água com o impedimento da penetração da luz, influenciando todo o processo biótico.
pH	Potencial hidrogeniônico. Representa a concentração de íons hidrogênio $H^+$ , dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14.
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO):	É a quantidade de oxigênio molecular necessária à estabilização da matéria orgânica, por via química. Não existe correlação entre DBO e DQO.
Fosfato	o fósforo é um elemento químico essencial à vida aquática e ao crescimento de microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica, e na forma de fosfatos dissolvidos é um importante nutriente para produtores primários porém pode ser o fator limitante da produtividade primária de um curso d'água.
Nitrato	é a principal forma de nitrogênio encontrada na água, valores superiores a 5 mg. L <sup>-1</sup> demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte do nitrato são os dejetos humanos, os nitratos estimulam o desenvolvimento das plantas e organismos aquáticos (OGERA, 1995).
Oxigênio Dissolvido (OD):	O OD é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição por despejos orgânicos. Constitui-se de fundamental importância para os organismos aeróbios (que vivem na presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio.
Parâmetros microbiológicos	São fundamentais para definir a qualidade sanitária de uma água, de um solo, de uma cultura ou outro elemento. Coliformes fecais compreendem apenas uma porção do grupo coliformes totais e têm maior significância na avaliação da qualidade sanitária do ambiente sendo preferenciais às análises apenas de coliformes totais, menos específicas.

Quadro 02. Características Químicas da Água adaptado de Von Sperling (2007)

### **3.7 Uso e cobertura da terra e seu levantamento**

Uso e cobertura da terra está relacionado a atividades do mapeamento sistemático do uso da terra. Os seus objetivos gerais envolvem atividades de recobrimento do país em termos da classificação dos tipos de uso, a análise dos impactos e a definição dos indicadores da qualidade ambiental (IBGE, 2010).

O levantamento do uso e da cobertura da terra permite a identificação da distribuição geográfica dos diversos tipos de uso, identificados por padrões homogêneos da cobertura terrestre. De acordo com IBGE (2006) entende-se por levantamento o conjunto de operações para a elaboração de uma pesquisa temática com o intuito de sintetizá-las através de mapas.

Neste sentido, o desenvolvimento da tecnologia espacial foi preponderante, pois com a disponibilidade de produtos de satélites imageadores da Terra, facilitou-se a identificação dos referidos padrões homogêneos do uso e cobertura da terra, bem como a produção dos mapas temáticos (IBGE, 2006).

No que tange aos estudos que envolvem gestão da água, as pesquisas do uso e ocupação da terra envolvem geralmente o espaço físico da bacia hidrográfica, ou seja, a busca do entendimento dos impactos da ocupação do homem sobre a bacia hidrográfica e, conseqüentemente sobre os rios e lagoas que a compõem (VON SPERLING, 2005).

### **3.8 Modelos**

De acordo com Tucci (2005), modelo é a representação de algum objeto ou sistema, numa linguagem ou forma de fácil acesso e uso, com o objetivo de entendê-lo e buscar suas respostas para diferentes entradas. O modelo hidrológico é uma das ferramentas destinada a melhor entender e representar o comportamento da bacia hidrográfica e prever condições diferentes das observadas. A simulação hidrológica é limitada pela heterogeneidade física da bacia e dos processos envolvidos, o que tem propiciado o desenvolvimento de um grande número de modelos que se diferenciam em função dos dados

utilizados, discretização das prioridades da representação dos processos e dos objetivos a serem alcançados.

Estudos hidrológicos abordam os fenômenos naturais complexos encontrados no ciclo hidrológico. Os processos, como a precipitação, evaporação, infiltração e o escoamento em rios, dependem de um grande número de fatores, o que dificulta a análise quantitativa e qualitativa dos mesmos (TUCCI, 2005).

Os modelos ambientais objetivam representar a realidade tal como é observada ou medida, e por isto dificilmente podem representar toda a complexidade das múltiplas interações nos sistemas ambientais, sendo que várias delas são mensuráveis ou quantificáveis. Já os modelos de qualidade de água são geralmente modelos matemáticos que são compostos por uma estrutura teórica, representada por equações matemáticas, valores numéricos dos parâmetros (coeficientes) das equações e dados de entrada e saída, frequentemente compreendendo observações/medições de campo ou de laboratório, e relacionando fatores externos com a resposta do sistema (VON SPERLIN, 2007).

Os modelos matemáticos são instrumentos inicialmente desenvolvidos para ajudar a solucionar problemas de poluição. Também possibilitam uma compreensão do meio ambiente sob uma análise integrada, pois associam as informações físicas, químicas e biológicas (CHAPRA, 1997).

É cada vez mais reconhecida a capacidade dos modelos de serem instrumentos úteis para simular os processos de interesse de gestão das águas, bem como a capacidade de serem atualizados e refinados constantemente para solucionar novos problemas, principalmente os de poluição de água superficial (BOCKELMANN et al, 2004).

Porém, a escolha de um modelo matemático depende: a) das características do sistema a ser simulado; b) do nível de precisão desejado em função dos objetivos do projeto; c) dos dados disponíveis e d) da disponibilidade de metodologia para representar os processos identificados (TUCCI, 1998).

A qualidade da água pode ser modelada através dos programas computacionais utilizando as diversas variáveis que a compõe em função do uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas. Entretanto, os modelos

apresentam limitação quando não podem prever, por exemplo, o estado trófico dos corpos d'água (XAVIER, 2005).

Os modelos preditivos podem envolver técnicas de regressão. Estas podem ser Linear, Múltipla e Logística. A primeira permite uma análise espacial com dados dispostos em categorias, que no caso deste estudo foram definidas conforme o nível de impacto sobre a qualidade da água encontrada nos pontos de monitoramento.

O modelo que se adequa aos objetivos deste trabalho foi o preditivo uma vez que, o estudo do alto da bacia hidrográfica do rio Subaé envolve dados de uso e cobertura da terra, declividade, pluviosidade, altimetria, qualidade da água, população. Estes serão analisados de tal forma que o resultado final seja o nível de correlação entre estas variáveis.

### **3.9 Espacialização da Modelagem de dados Geográficos**

O Geoprocessamento, de acordo com Silva (2001) é um conjunto de conceitos, métodos e técnicas que, ao atuar sobre bases de dados georreferenciados, por computação eletrônica, permite análises e sínteses que consideram, mutuamente, as propriedades intrínsecas e geotológicas dos eventos e entidades identificados, criando informações relevantes para apoiar decisões relativas aos recursos ambientais.

Os SIGs dependem intensamente de vetores e rasters, os quais estão em meio digital, o que significa que o uso intensivo da informática é imprescindível. A sua base de dados deve permitir integração ou estar integrada, composta por dados georeferenciados e com regras topológicas ou controles de erros. Devem conter funções de análises destes dados que variem de álgebra cumulativa, tais como operações tipo soma, subtração, multiplicação, divisão etc., até álgebra não cumulativa (operações lógicas). (SILVA, 1999).

A capacidade de representar e analisar características espaciais da superfície terrestre pelos SIGs, os credenciam como ferramentas eficazes para se chegar no maior nível de definição espacial das bacias hidrográficas e seus constituintes, em número e detalhes descritivos. Mizgalewicz & Maidment (1996) relatam que para se alcançar uma modelagem os SIGs contribuem com

funções de pré-processamento de dados, suporte direto na modelagem e processamento.

Câmara et al (1996) considera que a Modelagem compõe uma das etapas do processo de implantação de um SIG e que no caso de modelar o mundo real significa fazer uma seleção de fenômenos e entidades que se tenha interesse para abstraí-los e generalizá-los. Uma infinidade de conjuntos de fenômenos podem ser selecionados para representar as distintas visões do mundo, para uma mesma região, em um dado momento. A modelagem do mundo real abrange a modelagem de processos e de dados.

A Modelagem de Processos é caracterizada por modelagem matemática onde se demonstra operações englobando representação e manipulação de dados, incluindo a simulação de fenômenos naturais (CÂMARA et al,1996). Já a Modelagem de Dados é caracterizada por um processo de abstrair fenômenos do mundo real para gerar organização lógica de banco de dados. Neste tipo de modelagem, quando se engloba questões específicas de dados geográficos tem-se a Modelagem de Dados Geográficos e é nesta que se insere a Modelagem Espacial da Bacia Hidrográfica do rio Subaé.

Para se chegar a espacialização da modelagem geoestatística do alto da Bacia Hidrográfica do rio Subaé foi preciso a integração do uso de SIG com modelagem geoestatística (Regressão Linear) de níveis de relacionamento de variáveis independentes e variáveis dependentes.

### **3.10 REGRESSÃO LINEAR**

De acordo com Guedes, 1988, este tipo de regressão é utilizado quando se tem variáveis quantitativas para estudar com o objetivo de compreender se existe relação entre elas.

#### **3.10.1 REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA**

Segundo Hair (1995), a regressão múltipla é um método de análise multivariada indicado para a solução de problemas que envolvem uma variável quantitativa dependente que se supõe estar relacionada com uma ou mais variáveis independentes. O objetivo da análise de regressão múltipla é prever

as alterações na variável dependente de acordo com as modificações nas variáveis independentes (HAIR, 1995).

A análise multivariada requer que os dados sejam testados em primeiro lugar como variáveis individuais, através de testes univariados, e em segundo, para o modelo multivariado.

A técnica da regressão linear múltipla é uma ferramenta estatística para avaliação das relações entre variáveis independentes ( $X_i$ ) e uma variável dependente ( $Y$ ).

Um modelo de regressão linear múltiplo é definido como:

$$Y_{n \times 1} = X_{n \times p} \cdot \beta_{p \times 1} + \varepsilon_{n \times 1}, \text{ onde:}$$

$Y$  é o vetor da variável dependente (variável de resposta);

$X$  é o vetor das variáveis independentes;

$\beta$  é o vetor composto pelos coeficientes da regressão;

$\varepsilon$  é o vetor dos resíduos;

$n$  é o número de variáveis independentes e

$p$  o número de parâmetros a serem estimados.

O modelo de regressão deve ser ajustado, obedecendo aos seguintes pressupostos: linearidade, valores fixos das variáveis independentes, homocedasticidade (variância constante dos resíduos), independência dos erros, que seguem uma distribuição normal, com média nula (AZEVEDO, 1997).

Vale salientar a importância de estudar os impactos socioambientais na água através da análise estatística dos dados do monitoramento da qualidade das águas, pois assim pode-se verificar a evolução da alteração das características físico-químicas e microbiológicas da água ao longo do tempo estudado. Desta forma, Von Sperling (2007) afirma que:

“Não se deve avaliar os dados do monitoramento com base em uma amostra única, mas sim com base em várias amostras, que indiquem tendências (mais do que simples valores numéricos isolados) e que permitam inferências estatísticas” (VON SPERLING, 2007, p. 270).

#### **4. ÁREA DE ESTUDO**

A Bacia Hidrográfica do rio Subaé (Figura 02) encontra-se localizada no Recôncavo Norte, apresenta uma área de drenagem de 580 km<sup>2</sup> e 46 km de extensão desde o município de Feira de Santana até sua foz na Baía de Todos os Santos. No estuário, o rio Subaé se bifurca, formando a ilha da Cajaiba — cujo canal principal apresenta extensão aproximada de 10 km e o canal de São Brás, de 7,5 km (PRODETUR NE II). O enquadramento para as águas do rio Subaé e seus afluentes foi estabelecido em 1995, sendo o trecho compreendido entre sua nascente, no município de Feira de Santana, e a zona estuarina (sul da cidade de Santo Amaro) classificado como classe 2, da zona estuarina até a sua foz na Baía de Todos os Santos na classe 7.

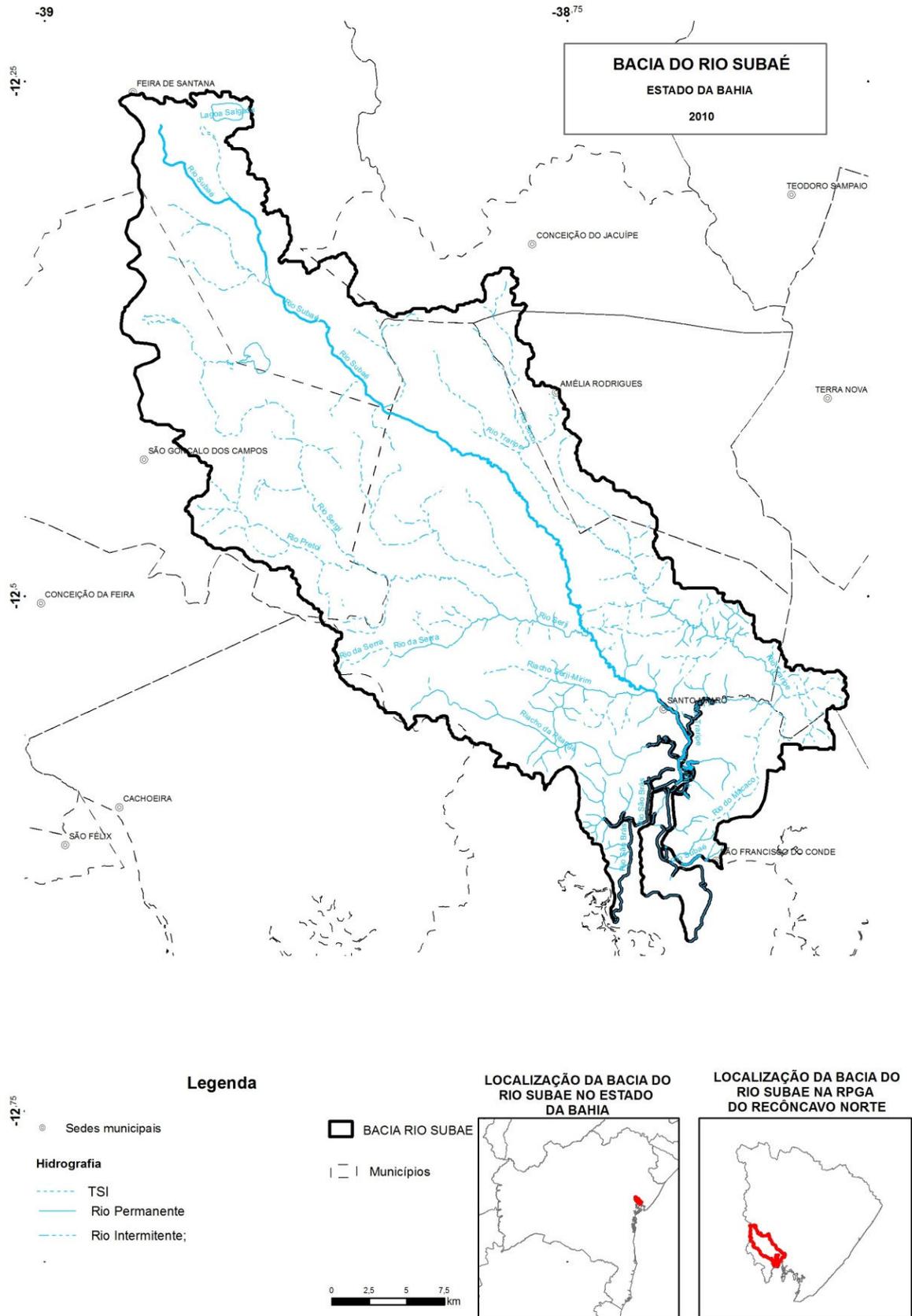


Figura 02: Localização da Bacia Hidrográfica do rio Subaé, Bahia. Fonte: Adorno, 2010.

Segundo RADAMBRASIL (1981) a área de estudo que esta inserida no município de Feira de Santana, está situada numa zona entre úmida e o Semi-árido (zona dos tabuleiros interioranos entre o Recôncavo e o escudo exposto). O clima é Seco a sub-úmido e semi-árido (IBGE, 2009). Segundo a classificação de Thornthwaite e Matther (1955) o clima do município é sub úmido megatérmico. Já na classificação de Koppen (1948) enquadra-se como clima tropical com chuva no inverno, e temperatura média do mês mais frio igual a 18°.

De maneira geral, o clima Semi-árido é caracterizado pela insuficiência de precipitações, temperaturas elevadas e fortes taxas de evaporação (BRANDÃO, 2003). A região semi-árida do nordeste, em geral, possui uma estação chuvosa curta com 2 a 5 meses de chuva. A temperatura média anual do município é de 25°C e a pluviometria média anual é de 781 mm (BRANDÃO, 2003).

A localização geográfica da área estudada, o alto da bacia hidrográfica do rio Subaé, está entre as latitudes de 12°25' S a 12°28' S e as longitudes de 38°90' W a 38°96 'W (Figura 03).

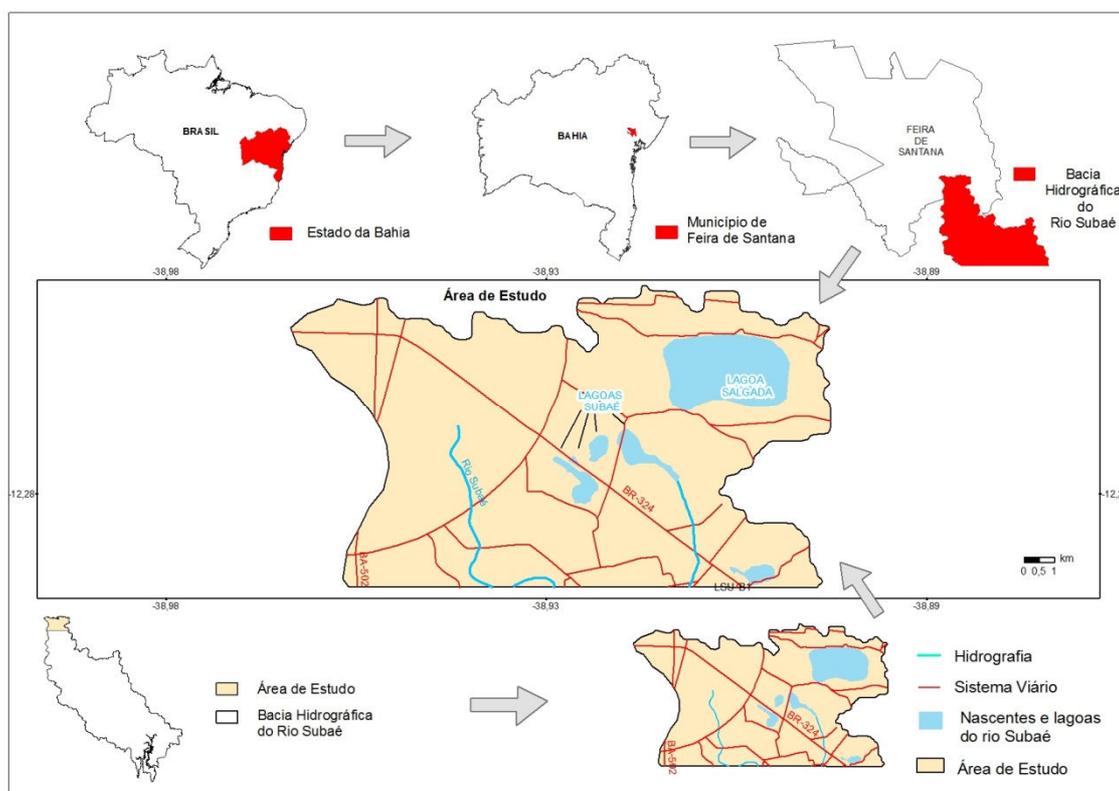


Figura 3. Localização do alto da Bacia Hidrográfica do Rio Subaé, Feira de Santana-Bahia

Com área de 20,62 Km<sup>2</sup> e altitude média de 220m, tem uma geomorfologia desenvolvida sobre os sedimentos da formação Barreiras, composta pelo sistema aquífero granular livre, encontrado a pequenas profundidades, que formam o planalto ligeiramente ondulado e circundado por morros testemunhos de rochas pré-cambrianas (embasamento cristalino), que por sua vez formam o sistema aquífero fissural e constituem as nascentes, lagoas, riachos e rios (UEFS, 1998).

O rio Subaé tem o seu ponto de nascente na rua Pedro Suzarte no perímetro urbano de Feira de Santana (Figura 04), servindo como corpo receptor de esgotos domésticos provenientes de vários bairros adjacentes.

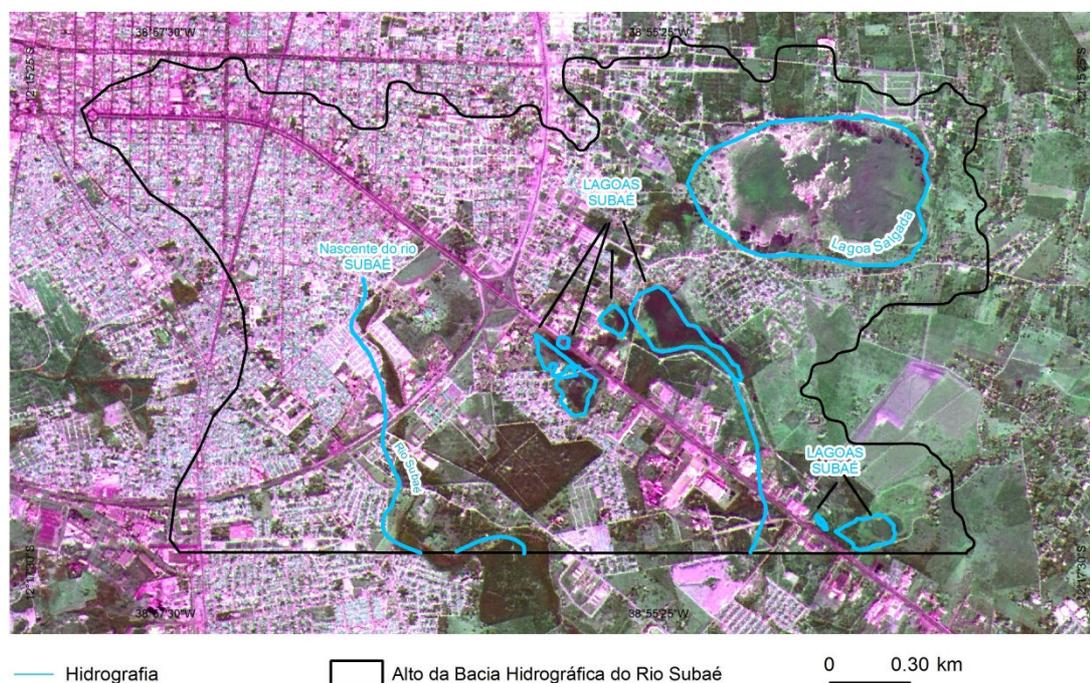


Figura 4. Imagem de satélite do alto da Bacia Hidrográfica do rio Subaé, Feira de Santana-Bahia

Na região da nascente, o rio Subaé recebe contribuições provenientes do Centro Industrial do Subaé – CIS e de povoados, que não possuem sistema de esgotamento sanitário adequado, como foi citado no relatório do CRA (1998) que justifica essa ineficiência de saneamento urbano como: “ o processo

de ocupação histórica dessas áreas, consideradas popularmente como áreas de baixo valor comercial, vem sendo feita por uma faixa da população com menor poder aquisitivo”.

Os impactos ambientais não mudam no médio e baixo curso da bacia, onde apresentam também lançamentos de efluentes urbanos e industriais, liado ao uso da água para irrigação. As interferências humanas na bacia do rio datam de vários anos, causando o aumento da poluição ambiental, o que tem contribuído para alterar a qualidade de vida da população. Esse quadro se torna cada vez mais preocupante, principalmente no tocante aos recursos hídricos, dada a necessidade constante da água para o consumo humano, bem como para o desenvolvimento do setor produtivo, além de comprometer as condições que dão sustentação aos ecossistemas dependentes dessas águas.

A presença de estradas vicinais e constantes aterramentos de lagoas temporárias urbanas provocadas pelas ocupações espontâneas e instalações de indústrias nas áreas de interesse ambiental, como as nascentes e lagoas do rio Subaé, prejudicam a compreensão das suas localizações, bem como conceber o tamanho original dessas lagoas.

O único estudo de qualidade ambiental na região do CIS foi realizado por Lima (2009) que avaliou a qualidade da água subterrânea de poços distribuídos no entorno do CIS e constatou que 26 poços estavam contaminados com Ba, Cd e Pb (apresentaram limite superior ao estabelecido pela legislação vigente). A ocorrência de alguns desses elementos aconteceu, justamente, nos poços que estão localizados próximos e em cotas altimétricas inferiores às fábricas que processam fertilizantes, fábricas que produzem estruturas metálicas e as que atuam com galvanoplastia como, também, em atividades de soldagem em oficinas, além do descarte de lixo urbano e industrial.

Apesar de a região ser rica em bacias hidrográficas (Pojuca, Jacuípe e Subaé) e de ter crescido sobre as grandes lagoas perenes ou temporárias, e que no caso da bacia em estudo atuam como nascentes, ainda não há estudos da qualidade ambiental das lagoas que ainda resistiram ao crescimento urbano/industrial/agrícola. Além disso, o rio em questão deságua na Baía de Todos os Santos o que requisita maior atenção das autoridades ambientais do Estado, no sentido de minimizar os problemas evidenciados com ações efetivas nas áreas de nascentes do rio Subaé..

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida a partir de técnicas de Sensoriamento Remoto para revelar o uso e ocupação da terra, de dados físico-químicos da água superficial, obtidos a partir de cinco campanhas de monitoramento e aspectos socioambientais da área de estudo. Além disso, foram produzidos mapas temáticos dos aspectos socioambientais presentes na área para elucidar os níveis de relação entre estes fatores socioambientais presentes no entorno das nascentes e lagoas com os resultados do monitoramento da qualidade da água a partir de análise estatística espacial.

Os procedimentos metodológicos seguidos para alcançar os objetivos inicialmente propostos foram (Figura 05):

- I- Levantamento e análise de dados bibliográficos;
- II- Trabalho de campo - composto de coleta e análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água. Além de reconhecimento da área para confecção dos mapas temáticos de uso e cobertura da terra.
- III- Confecção dos mapas temáticos socioambientais a partir das informações bibliográficas e acompanhamento no campo
- IV- Uso e Cobertura do solo
- V- Análise geoestatística (regressão linear) confrontando os dados socioambientais e alguns parâmetros físico-químicos.

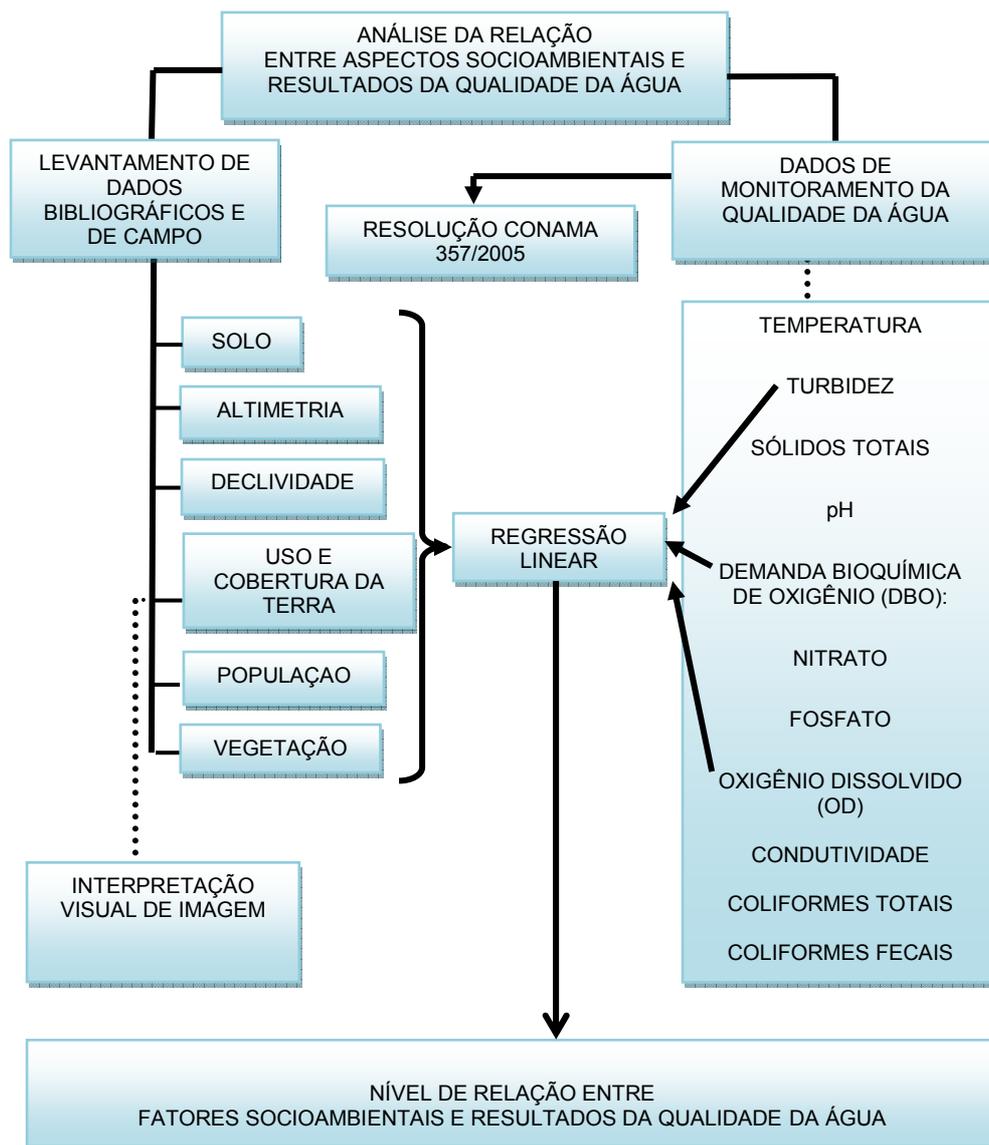


Figura 05. Fluxograma da metodologia da pesquisa.

## 5.1 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS BIBLIOGRÁFICOS

A pesquisa bibliográfica serviu de subsídio à análise proposta no alto da Bacia Hidrográfica do rio Subaé, trazendo conteúdos referentes à: Sensoriamento Remoto e Seus Produtos, Sistema de Informação Geográfica, Uso e Cobertura da Terra e uso múltiplo dos recursos hídricos, qualidade das águas de rios, variáveis indicadoras de qualidade da água, legislação específica, bacias hidrográficas, modelagem geoestatística, bem como melhor conhecimento do objeto de estudo, através de uma revisão de literatura.

Dentre os conteúdos a serem levantados, neste momento, é importante frisar que a base legal analisada aborda parâmetros de limites aceitáveis de qualidade das águas, principalmente físico-químicos, tais como o apresentado na Resolução CONAMA 357/2005.

## 5.2 TRABALHOS DE CAMPO

A fase do Campo pode ser subdividida em duas etapas: coleta das amostras da água e posterior análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água (a) e reconhecimento da área para confecção dos mapas temáticos de uso e cobertura da terra (b):

### a) Análise de Campo e monitoramento da qualidade da água

Os trabalhos de campo foram realizados trimestralmente iniciando em Abril de 2009 e finalizando em Novembro de 2011. Inicialmente houve a verificação *in loco* do ambiente estudado, ou seja, a confrontação das informações previamente levantadas (bibliografia e mapas temáticos) com o que se verificava em campo. Isto subsidiou a definição da quantidade de pontos de monitoramento da água por ambiente aquático (nascentes e lagoas) e o reconhecimento de pontos notáveis na área, e que podem ser percebidos na imagem de satélite, para o mapeamento do uso e cobertura atual da terra.

A definição da quantidade de pontos de monitoramento por nascente e lagoas, presentes no alto da bacia do rio Subaé, foi realizado *in loco*, a partir das características físicas dos ambientes (ambiente aberto ou fechado, extensão e área, etc.) e facilidade de acesso para a coleta da água (Quadro 03).

Quadro 03. Características dos pontos de monitoramento, localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana-BA.

Ambiente	Características do local	Quantidade de pontos
Nascente do Rio Subaé	Ambiente aberto. Difícil acesso, pois se encontra em um local bastante íngreme, com bastante lixo no entorno e presença de esgotos na água. Mata ciliar degradada, mau cheiro e muitas casas nas proximidades.	02
Lagoa Subaé (Lado Sul da BR 324)	Ambiente fechado. Difícil acesso, uma vez que ocorre a presença de muitas macrófitas e cercas. Presença de casas e indústrias nas proximidades.	02
Lagoa Subaé (Lado Norte da BR 324)	Ambiente Fechado. Difícil acesso, com terrenos úmidos e sem estradas vicinais para contornar todo o ambiente.	04
Lagoa Salgada	Ambiente Fechado. Difícil acesso, com terrenos úmidos e sem estradas vicinais para contornar todo o ambiente.	06
TOTAL	-	14

Neste sentido, um total de 14 (quatorze) pontos foram georreferenciados e distribuídos ao longo das nascentes e lagoas na área de estudo (Figura 06).

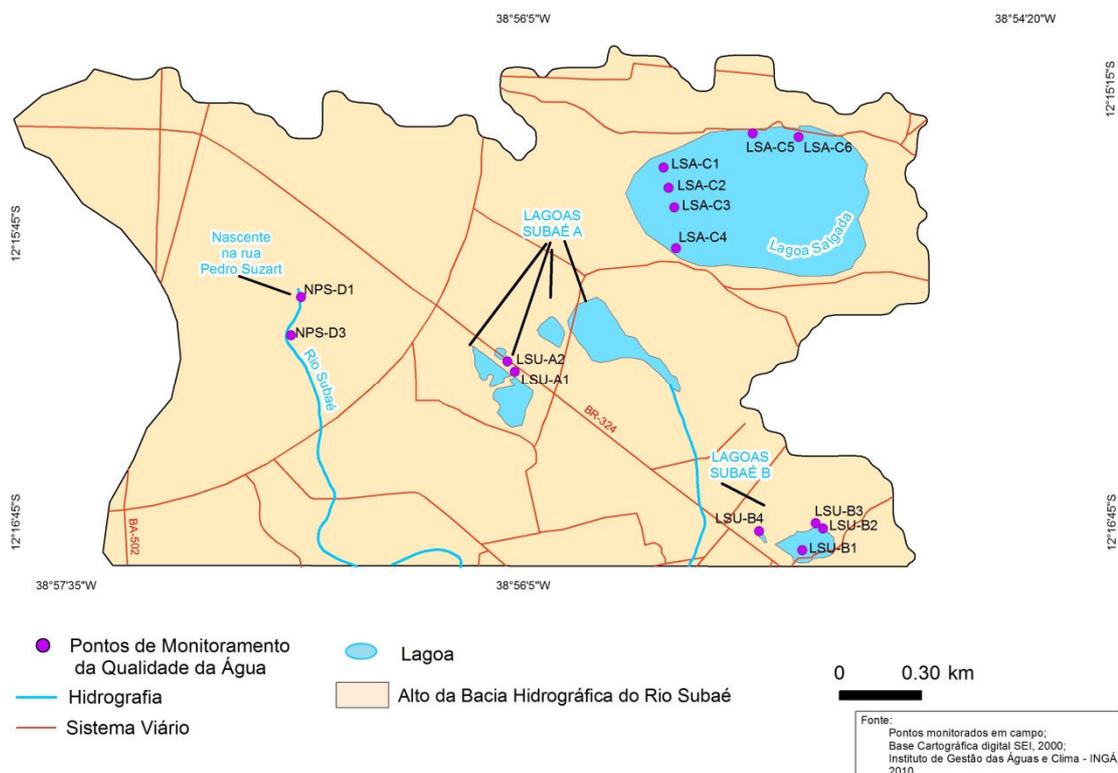


Figura 06. Pontos de amostragem da qualidade da água no Alto da Bacia Hidrográfica do rio Subaé, Feira de Santana, Ba.

Cada ponto foi identificado com um código específico, tais como: NPS-D1 e NPS-D3 (Nascente do rio Subaé na rua Pedro Suzart); LSU-A1 e LSU-A2 (Lagoa Subaé, lado sul da BR 324); LSU-B1, LSU-B2, LSU-B3, LSU-B4 (Lagoa Subaé no lado Norte da BR-324) e LSA-C1, LSA-C2, LSA-C3, LSA-C4, LSA-C5 e LSA-C6 (Lagoa Salgada) (Quadro 04). A ordem de análise da qualidade da água superficial seguiu o roteiro abaixo sempre iniciando as 08:00 da manhã na nascente da Pedro Suzarte e finalizando na Lagoa Salgada no ponto LSA C6 às 15 horas.

Quadro 04. Descrição e imagem dos pontos de monitoramento localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana-BA.

PONTO	COORDENADA	DESCRIÇÃO
<p>NPSD1</p> 	<p>UTM X: 506.066 UTM Y: 8.643.407 WGS 84 / 24S</p>	<p>Nascente do rio Subaé. Localizado na rua Pedro Suzart, Centro urbano de Feira de Santana-Ba.</p>
<p>NPS-D3</p> 	<p>UTM X: 505.992 UTM Y: 8.643.116 WGS 84 / 24S</p>	<p>Situa-se a mais ou menos 300m da nascente do rio Subaé (NPS-D1). Presença de uma ponte que dá acesso a um condomínio.</p>
<p>LSU-A1</p> 	<p>UTM X: 507.686 UTM Y: 8.642.841 WGS 84 / 24S</p>	<p>Lagoa Subaé. Ponto localizado às margens da BR-324, em um local que dá acesso a residências .</p>
<p>LSU-A2</p> 	<p>UTM X: 507.636 UTM Y: 8.642.909 WGS 84 / 24S</p>	<p>Lagoa Subaé. Ponto localizado às margens da BR-324, a 50m de distância do LSU-A1, sentido Feira de Santa-Ba para Salvador-Ba, em um canal que drena as águas dessa lagoa para o outro lado da pista da BR.</p>
<p>LSU-B1</p>		<p>Ponto localizado na Lagoa</p>

	<p>UTM X: 509.864 UTM Y: 8.641.469 WGS 84 / 24S</p>	<p>Subaé, situada no lado norte da BR-324. Situado às margens da BR-324, e de uma estrada vicinal.</p>
<p>LSU-B2</p> 	<p>UTM X: 510.027 UTM Y: 8.641.632 WGS 84 / 24S</p>	<p>Localizado também na Lagoa Subaé. Situado à 80m do ponto LSU-B1, margeando a lagoa e a estrada vicinal.</p>
<p>LSU-B3</p> 	<p>UTM X: 509.969 UTM Y: 8.641.668 WGS 84 / 24S</p>	<p>Ponto localizado na Lagoa Subaé. Situado à 30m do ponto LSU-B2, margeando a lagoa.</p>
<p>LSU-B4</p> 	<p>UTM X: 509.550 UTM Y: 8.641.617 WGS 84 / 24S</p>	<p>Ponto localizado na Lagoa Subaé. Situado à 240m do ponto LSU-B1, margeando a lagoa e a BR-324. Presença d indústrias nas proximidades.</p>
<p>LSA-C1</p>	<p>UTM X: 508.816 UTM Y: 8.644.399 WGS 84 / 24S</p>	<p>Ponto localizado na Lagoa Salgada, nas proximidades de uma estrada vicinal de extração de argilas.</p>

		
<p>LSA-C2</p> 	<p>UTM X: 508.854 UTM Y: 8.644.243 WGS 84 / 24S</p>	<p>Localizado na Lagoa Salgada, a 170m do ponto LSA-C1, nas proximidades de uma estrada vicinal e de olarias.</p>
<p>LSA-C3</p> 	<p>UTM X: 508.899 UTM Y: 8.644.093 WGS 84 / 24S</p>	<p>Localizado na Lagoa Salgada, a 143,50m do ponto LSA-C3, nas proximidades de uma estrada vicinal, com a presença de casas e muro de condomínios nas proximidades.</p>
<p>LSA-C4</p> 	<p>UTM X: 508.910 UTM Y: 8.643.782 WGS 84 / 24S</p>	<p>Localizado na Lagoa Salgada, a 314,40m do ponto LSA-C3, nas proximidades de condomínios e casas.</p>
<p>LSA-C5</p>	<p>UTM X: 509.491 UTM Y: 8.644.659 WGS 84 / 24S</p>	<p>Localizado na Lagoa Salgada, nas proximidades de uma estrada vicinal, com a presença de mata ciliar antropizada.</p>

		
<p style="text-align: center;">LSA-C6</p> 	<p>UTM X: 509.839 UTM Y: 8.644.632 WGS 84 / 24S</p>	<p>Localizado na Lagoa Salgada, a 100m do ponto LSA-C5, nas proximidades de uma estrada vicinal, com a presença de mata ciliar antropizada.</p>

Em campo foram realizadas análises *in situ* da qualidade de água através de equipamentos portáteis: pH (pHmetro Hanna Instruments), condutividade elétrica (Hanna Instruments), oxigênio dissolvido (Lutron) e turbidez (Hanna instruments). As análises referem-se às águas superficiais, isto é, as coletas e as medidas para os diversos parâmetros foram feitas a 30 cm da superfície da água.

Amostras da água de todos os pontos de coleta foram encaminhadas para o laboratório devidamente acondicionados e preservadas. Os parâmetros: coliformes totais e termotolerantes, nitrato, fosfato, sólidos totais e demanda bioquímica de oxigênio foram analisados no Laboratório de Tecnologia da UEFS - LaboTec, com auxílio do Msc. Adriano Lima.

Para as análises de coliformes totais e fecais as amostras coletadas foram acondicionadas em recipientes autoclavados, e posteriormente inoculadas em meio de cultura e incubadas durante 24 horas a 35°C. O método utilizado para a análise de coliformes totais e fecais foi o do Colilert®. Neste método os dois nutrientes indicadores, ONPG e MUG são as principais fontes de carbono e são metabolizados pelas enzimas  $\beta$ -D-Galactosidase e  $\beta$ -D-Glucuronidase identificando as bactérias coliformes e *E. coli* respectivamente. Os coliformes totais metabolizam o ONPG, e com isso a amostra incolor passa a amarela, enquanto que os coliformes fecais metabolizam o MUG gerando fluorescência quando a amostra é exposta à luz UV de 365 nm.

### 5.3 CONFECÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS E SOCIOAMBIENTAIS

No que tange às análises espaciais, a utilização da técnica de geoprocessamento foi imprescindível neste estudo e permitiu todo o tratamento e análise dos dados. Para tal, todas as operações foram realizadas no software de SIG ArcGis, versão 9.3 (ESRI, Redlands).

Neste sentido, uma série de informações socioambientais da área de estudo foram pesquisadas, trabalhadas e demonstradas através de mapas temáticos, tais como altimetria, declividade, população, solo, uso e cobertura da terra e vegetação. Destes mapas, o de uso e cobertura da terra, por ser o que mais reflete a apropriação e uso do espaço pelo homem, terá maior destaque metodológico.

A produção de mapas temáticos e topográficos da área em que se localiza o alto da bacia do rio Subaé permite, além do conhecimento aprofundado de dados (variáveis) socioambientais dessa área, o relacionamento destas informações em ambiente SIG.

Cada variável socioambiental, ou variável independente, teve suas características categorizadas e esclarecidas a partir do entendimento de qual aspecto influencia mais, ou menos, a poluição das águas.

#### 5.3.1 Altimetria

Os dados altimétricos da área de estudo foram obtidos a partir da utilização de Modelo Digital de Terreno (MDT), com resolução espacial de 27m, obtidos a partir da interpolação de pontos cotados e curvas de nível na escala de 1:2.000 (CONDER, 1999), e confrontados em campo com a utilização do aparelho de Posicionamento Global por Satélite – GPS, de navegação.

O MDT foi processado, em ambiente SIG, para permitir a visualização das diferentes classes altimétricas da área de estudo.

Assim, considerou-se que quanto mais baixa a altitude, mais vulnerável está o ambiente à poluição das águas.

### 5.3.2 Declividade

As informações de declividade do terreno foram obtidas também com a utilização do MDT, em ambiente SIG. Desta forma, foi aplicado o comando “Slope” do ArcGis 9.3, o que permitiu a visualização da declividade.

Segundo Araújo (2006), para se obter a declividade de um plano de informação matricial, basta calcular a divisão da mudança da elevação entre duas células, ou pixels, e a distância horizontal entre os pontos centrais das referidas células, valor este que corresponde à resolução espacial da imagem. Desta forma, o mapa gerado representará, portanto, o ângulo de inclinação da superfície em relação ao plano horizontal.

Neste sentido, para este estudo, considerou-se que quanto mais alta a declividade próxima aos ambientes estudados, mais vulnerável estão à poluição das suas águas.

### 5.3.3 População

O plano de Informação referente à quantidade de população residente na área foi obtido a partir do tratamento e espacialização, em ambiente SIG, dos dados estatísticos do Censo Demográfico 2010, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Neste sentido, a área de estudo foi subdivida de acordo com a unidade mínima de mapeamento deste estudo do IBGE, que é o Setor Censitário, e para cada uma dessas áreas foi inserida a informação do total de pessoas residentes.

Segundo Nemesis (2012), a mudança dos estudos censitários por área municipal para setor censitário permitirá caracterizações e estimativas mais rigorosas dos processos espaciais envolvidos nos modelos demográficos, econômicos, sociais e ambientais.

Assim, para este estudo, foi considerado que quanto maior a população por setor censitário, maior a possibilidade de o ambiente estar impactado.

#### 5.3.4 Solo

A informação dos diferentes tipos de solo que compõem a área de estudo é imprescindível para se verificar o nível de vulnerabilidade do ambiente à poluição das suas águas. Desta forma, foi criado um Plano de Informação com dados de pedologia, a partir da digitalização, em ambiente SIG, do mapeamento de solos, na escala de 1:300.000, do projeto Nascentes – UEFS, 1998.

Os tipos de solos mapeados foram classificados, de acordo com sua relevância para possibilitar alterações na qualidade da água.

#### 5.3.5 Uso e Cobertura da Terra

Para a delimitação do Uso e Cobertura da Terra foi utilizada uma imagem de Satélite do sensor SPOT 5, resolução espacial de 6m, ano de passagem em 2008.

Neste sentido, para se obter as informações do uso e cobertura da terra a partir da imagem, fez-se necessário aplicar Processamento Digital de Imagens com o objetivo de filtrar e realçar feições de interesse.

Após se destacar a feição de interesse, procedeu-se com a interpretação visual da imagem em tela do computador para a obtenção dos diferentes tipos de uso. Essas informações de interesse ajudam a subsidiar o entendimento da distribuição do Uso e Cobertura da Terra na área (IBGE, 2006). Esta é sem dúvida uma técnica que, aliado a vasto conhecimento de campo, representa uma economia de custo e de tempo para um mapeamento.

Para proceder com a interpretação das imagens em tela, fez-se necessário a utilização de elementos de reconhecimento. Estes podem ser: Tonalidade e Cor, Forma e Tamanho, Padrão, Textura, Associação e Sombra. Estas características advindas das respostas espectrais presentes na imagem podem ser observadas, o que facilita a interpretação dos alvos imageados.

#### 5.4 ANÁLISE GEOESTATÍSTICA

A análise geoestatística teve as seguintes etapas: i Análise descritiva e exploratória dos dados ou variáveis, explicativas socioambientais e dependentes (parâmetros de qualidade da água (OD, DBO e Turbidez); ii Modelagem geoestatística (Regressão Linear) para correlacionar os dados socioambientais com os de qualidade da água, que para este estudo foram consideradas somente algumas das características físico-químicas da água: OD, DBO e Turbidez.

Para a execução da análise estatística espacial, foi necessário definir variáveis dependentes e independentes. Para as variáveis dependentes, foram considerados Oxigênio Dissolvido (OD, em mg/l), Nível de Oxigênio Dissolvido (ruim-abaixo de 5,0 mg/l e bom-acima de 5,0 mg/l), Turbidez (em unt), Nível de Turbidez (ruim-acima de 100 unt e bom-abaixo de 100 unt), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO, em mg/l), Nível de Demanda Bioquímica de Oxigênio (ruim-acima de 5,0 mg/l e bom-abaixo de 5,0 mg/l). Cabe salientar que os níveis foram construídos a partir dos limites máximos e mínimos exigidos pelo CONAMA 357/2005 para águas de classe II.

As variáveis independentes foram consideradas a Vegetação (área antropizada e Feira de Santana), Solo (areno-argiloso/argilo-arenoso e areno-silto-argiloso), Uso do Solo (área antropizada, industrial, mata antropizada, mineração e urbano), Altimetria (baixa/211,1670m - 220,8996m; média/220,8996m - 227,8907m e alta/227,8907m - 233,0997m), Declividade (baixa/0° - 0,7467°; média/0,7467° - 1,8490° e alta/1,8490° - 3,2358°), População (baixa concentração populacional-abaixo de 1000 habitantes, alta concentração populacional-acima de 1000 habitantes)

Foram feitas análises descritivas e exploratórias dos dados nos softwares SPSS versão 19, obtendo: Medidas de tendência central (média, mediana, moda, mínimo, máximo); Medidas de dispersão (desvio padrão), Frequências simples e teste Qui-Quadrado.

#### 5.4.1 Seleção das Variáveis Predictoras e Seleção do Modelo

Considerou-se o processo de seleção de variáveis explanatórias denotado por método Backward. Inicialmente ajusta-se o modelo completo e a seguir eliminam-se as variáveis independentes, uma a uma, usando-se o seguinte procedimento:

- Ajuste do modelo com todas as variáveis predictoras (Figura 07).

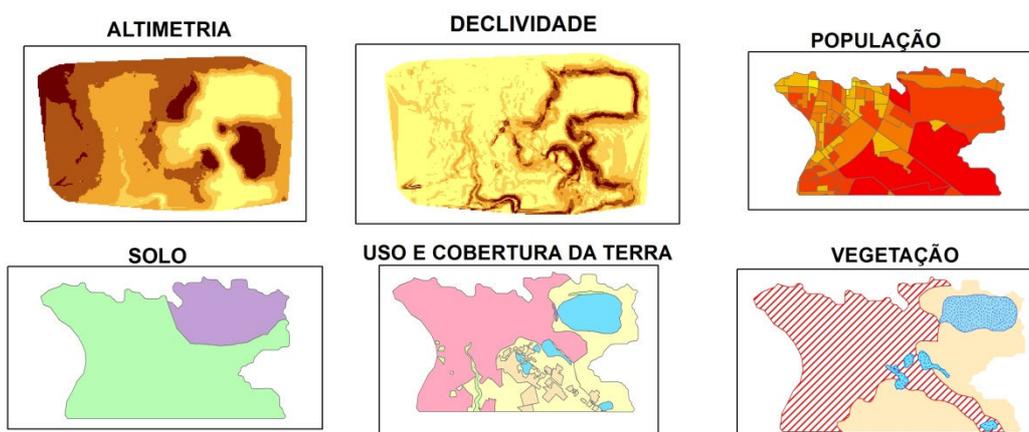


Figura 07 – Variáveis predictoras do alto da bacia do rio Subaé

- Exclusão das variáveis predictoras insignificantes estatisticamente.

- O procedimento termina quando todas as variáveis incluídas no modelo apresentam significância estatística.

O critério para selecionar o modelo foi o AIC. O critério de informação Akaike (AIC) é uma medida relativa da qualidade do ajuste de um modelo estatístico, ou seja, é uma medida da similaridade entre o modelo estatístico e a verdadeira distribuição dos dados (AKAIKE, 1974).

#### 5.4.2 Validação do Modelo

A validade do modelo final e a análise do seu poder preditivo foram avaliadas através do cálculo de algumas estatísticas. Destacam-se:

- a) Coeficiente de Determinação Múltiplo Ajustado ( $R^2$  ajustado) – medida da proporção da variância da variável dependente que é explicada pela variável independente. Quanto maior o valor de  $R^2$  maior será o poder explicativo do modelo de regressão.
  
- b) Coeficiente de Correlação Parcial ( $\beta_i$ ) – medida do impacto ocorrido na variável dependente quando se altera os valores das variáveis independentes. Ou seja, mede a relação entre a variável dependente e uma única variável independente, quando todas as outras são mantidas constantes. Valores negativos denotam uma relação inversa entre as duas.
  
- c) Significância Estatística (p-valor ou valor de p)– Índice que estima até que ponto uma afirmação é verdadeira, isto é, o valor do p representa um índice decrescente do grau de confiança do resultado obtido. Quanto maior o seu valor, menos se pode confiar que a relação observada entre as variáveis amostradas seja um indicador da sua variação real na população.

Para avaliar o modelo de regressão linear considerou-se o teste F (Análise de Variância – ANOVA), onde a hipótese nula ( $H_0$ ) é a afirmação que todos os  $\beta$ 's são iguais a zero e a hipótese alternativa ( $H_1$ ) é que pelo menos um dos  $\beta$ 's difere de zero.

Para analisar a importância de cada  $\beta$  utilizou-se o p-valor (probabilidade de encontrar valores tão extremos quanto aqueles observados na amostra), associado a variável independente.

No modelo de regressão linear simples foram aplicados o teste Qui-Quadrado, onde a hipótese nula ( $H_0$ ) é a afirmação que não existe associação entre as variáveis e a hipótese alternativa ( $H_1$ ) é que existe associação entre as variáveis para verificar se há associação entre o oxigênio dissolvido, a

turbidez e a demanda bioquímica de oxigênio com as demais variáveis em estudo. Para tal, as variáveis oxigênio dissolvido, turbidez e demanda bioquímica de oxigênio foi dicotomizada segundo as normas CONAMA e renomeadas como nível de oxigênio dissolvido, nível de turbidez e nível de demanda bioquímica de oxigênio, respectivamente.

Após a análise das variáveis, prosseguiu-se com o ajuste do modelo entre a variável resposta (oxigênio dissolvido, a turbidez e a demanda bioquímica de oxigênio) e cada uma das variáveis independentes.

Foram feito gráficos de resíduos para cada um dos modelos a fim de verificar a qualidade do ajuste de cada modelo e analisar se houve violação dos pressupostos (independência, linearidade, homocedasticidade e normalidade).

PARA AVALIAR OS PRESSUPOSTOS E CONFIRMAR A ANÁLISE GRÁFICA FORAM USADOS OS TESTES:

Shapiro-Wilks (Hipótese nula - os resíduos provêm de uma distribuição normal e a Hipótese alternativa - os resíduos não provêm de uma distribuição normal)

Breusch-Pagan (Hipótese nula – variância dos resíduos constante (homocedasticidade) e a Hipótese alternativa- variância dos resíduos inconstantes (heterocedasticidade))

Durbin-Watson (Hipótese nula – não existe correlação serial dos resíduos (independência) e a Hipótese alternativa- existe correlação serial dos resíduos (dependência))

Para verificação dos pontos influentes utilizou a distância de Cook. Foi utilizado o software R versão 2.13, para os cálculos estatísticos e geração de gráficos. Foi considerado um nível de significância de 5% em algumas situações e 10% em outras.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 VARIÁVEIS SOCIOAMBIENTAIS

#### 6.1.1 Altimetria

A área em estudo apresenta altitudes entre 211 e 233m, com média de elevação em torno de 220m (Figura 08). As áreas mais elevadas fazem parte do domínio dos Planaltos Inumados sob unidade geomorfológica dos Tabuleiros Interioranos. Já as áreas mais rebaixadas, onde se localizam as nascentes e lagoas, situam-se no Domínio das Depressões Interplanálticas, na unidade Geomorfológica do Pediplano Sertanejo (SRH, 2004).

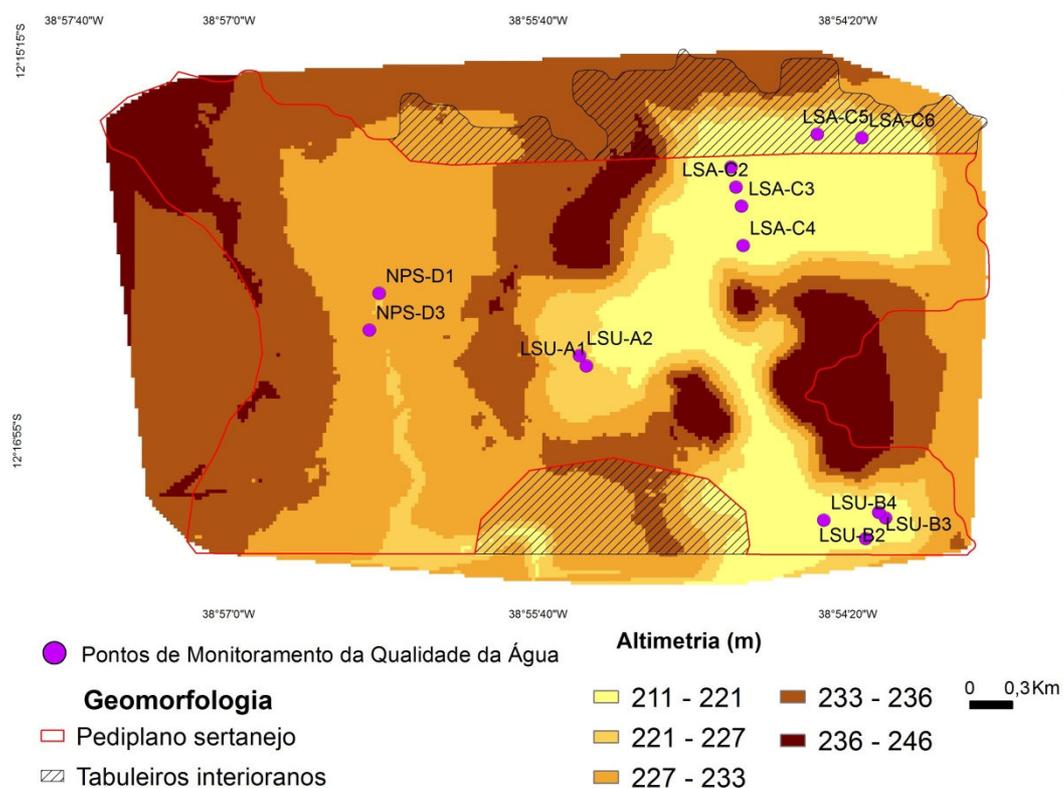


Figura 08: Altimetria e Unidades Geomorfológicas do alto da Bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

Os locais em que as altitudes são mais baixas, ou seja, áreas onde se localizam as nascentes e lagoas em estudo são consideradas mais vulneráveis à poluição, uma vez que com as chuvas ocorrem carreamento do material acumulado em áreas mais altas para as áreas mais baixas.

### 6.1.2 Declividade

Declividades entre  $0^\circ$  e  $9^\circ$  podem ser observadas (Figura 09). As áreas de maior declive (a partir de  $4,5^\circ$ ) apresentam-se nas bordas dos rios e lagoas. Já os locais de menor declive compreende a maior parte da área de estudo (até  $1,5^\circ$ ).

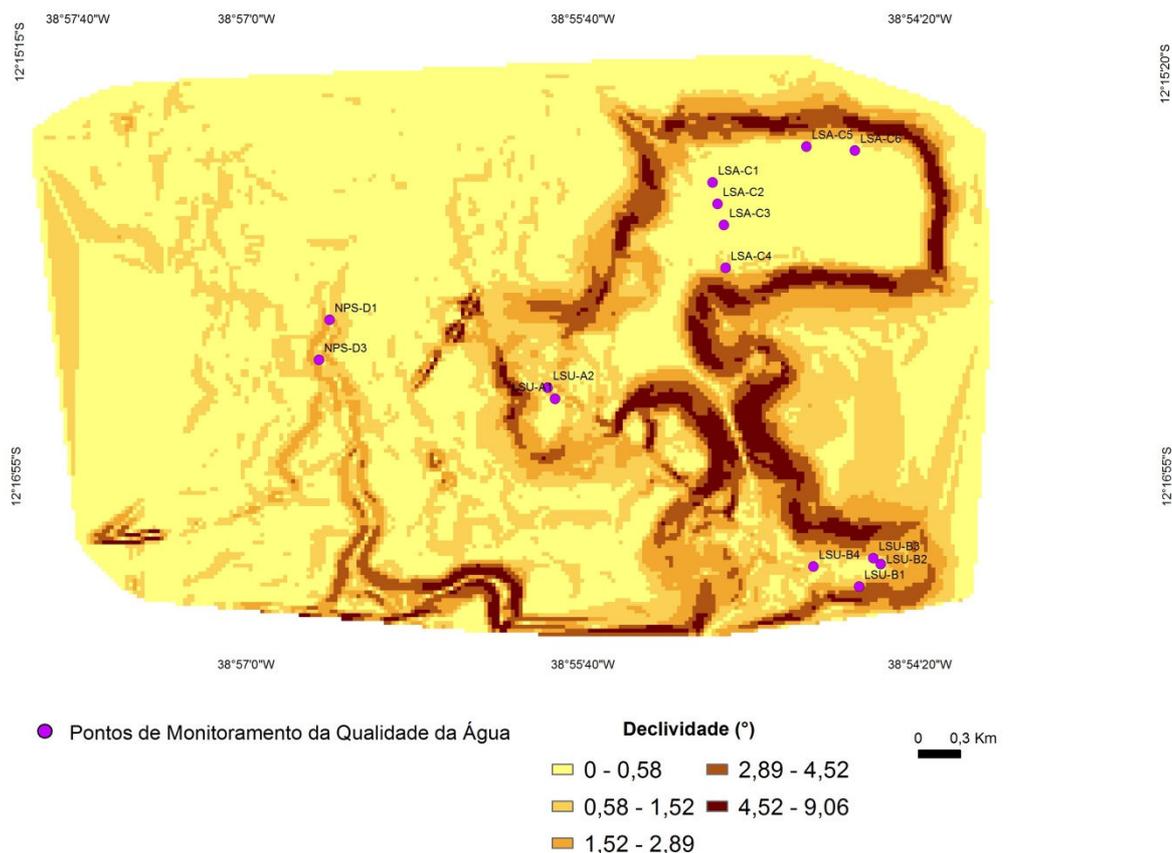


Figura 09: Declividade do terreno do alto da Bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

O estudo da declividade, associado à altimetria e solo permite entender que no alto da bacia hidrográfica do rio Subaé, os locais mais propícios a escoamento superficial estão próximos às lagoas e nascentes. Desta forma, para este estudo, considerou-se que as áreas de maior declividade são as que mais propiciam a poluição das águas.

### 6.1.3 Solos

Dois tipos de solos predominam na área de estudo. A maior parte da área apresenta solo do tipo arenoso, a exemplo do solo areno-silto-argiloso (Figura 10). Já a menor parte tem como tipos predominantemente argilosos como o solo areno-argiloso e argilo-arenoso.

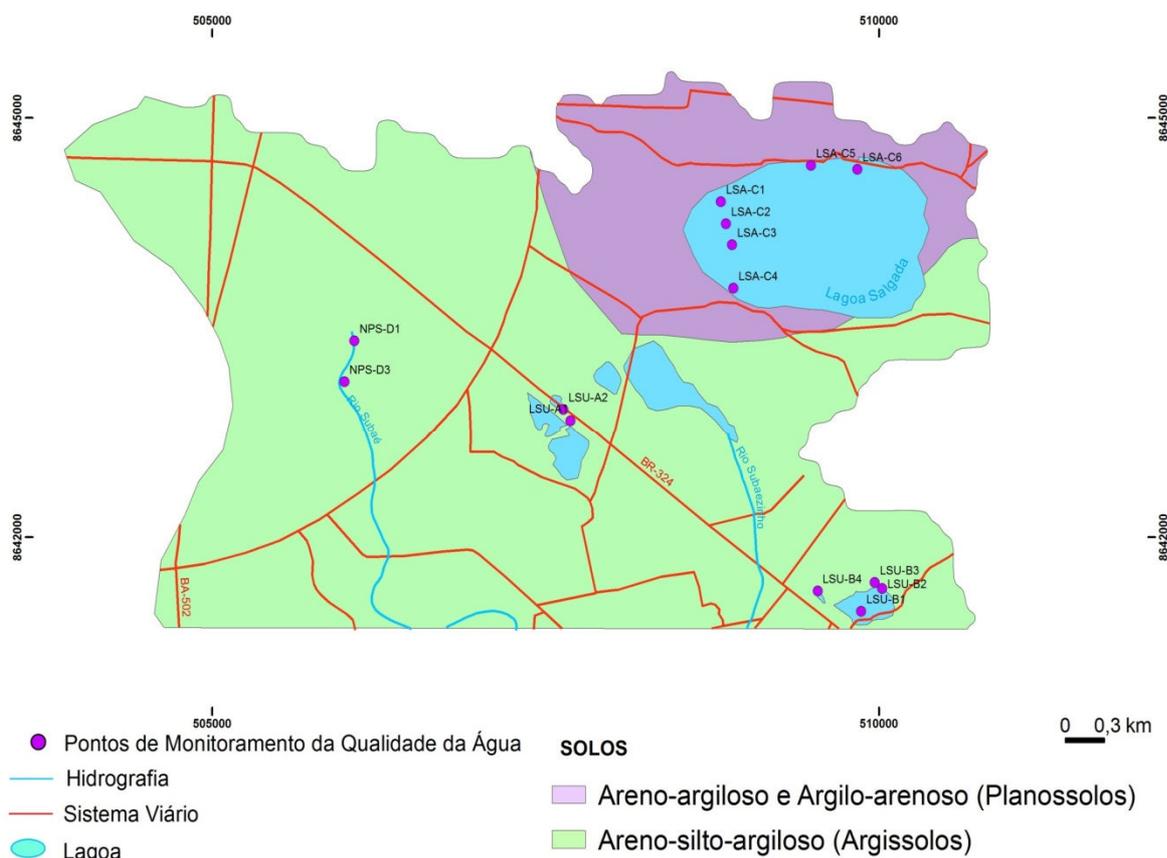


Figura 10. Solos do Alto da Bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA. Fonte: UEFS, 1998

De acordo (UEFS, 1998), o solo areno-silto-argiloso correspondem a planossolos de material argiloso de atividade alta. Estes solos caracterizam-se por não facilitar a infiltração da água, o que propicia o escoamento superficial e conseqüentemente a poluição das águas superficiais nas suas proximidades.

O solo areno-silto-argiloso tem, ainda de acordo UEFS (1998), distribuição granulométrica entre 50-85%. É um solo que compreende o grupo dos podzólicos com material argiloso de atividade baixa. Desta forma, ao contrário dos solos argilosos, o solo arenoso permite a infiltração da água com

mais facilidade, o que o destaca como um solo que pode contribuir menos para a poluição das águas superficiais.

### 6.1.4 Vegetação

O mapeamento de vegetação evidencia basicamente uma grande mancha de área urbana, constituída em Feira de Santana (Figura 11) e uma menor área considerada como área antropizada (SEAGRI, 1998).

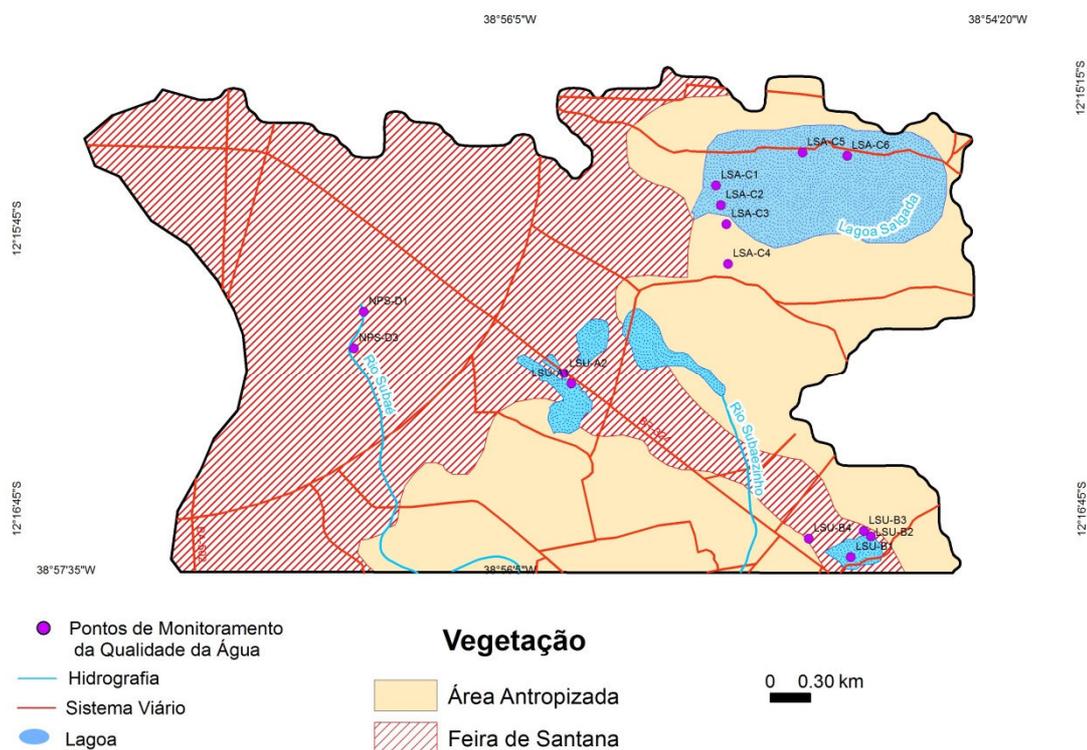


Figura 11. Vegetação do Alto da Bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA. Fonte: SEAGRI, 1998

A exceção da nascente do rio Subaé, que se encontra localizada, segundo mapa de vegetação, na grande mancha urbana do município de Feira de Santana, as lagoas aparecem, na sua maioria, em área antropizada, o que demonstra que a área do alto Subaé está impactada com relação a cobertura vegetal. Neste sentido, onde não há intensa urbanização, ocorre área com vegetação modificada pela ação do homem, ou seja, vegetação herbácea ou campo antrópico.

Ao se levar em consideração o tipo vegetação que mais facilita à poluição das águas superficiais, a grande mancha urbana de Feira de Santana se sobressai sobre a área antropizada, pois a primeira se caracteriza principalmente por adensamento populacional, o que implica, dentre outras conseqüências, na pressão, pela utilização das águas para lançamento de efluentes domésticos.

### 6.1.5 População

A quantidade de população residente é uma informação primordial para o entendimento da pressão antrópica sobre o ambiente em estudo. Cinco classes estão representando a quantidade de população residente na área por setor censitário. A menor classe apresenta uma população residente até 219 pessoas por Km<sup>2</sup> (Figura 12). Já a maior classe apresenta um total de 2072 moradores (IBGE, 2010).

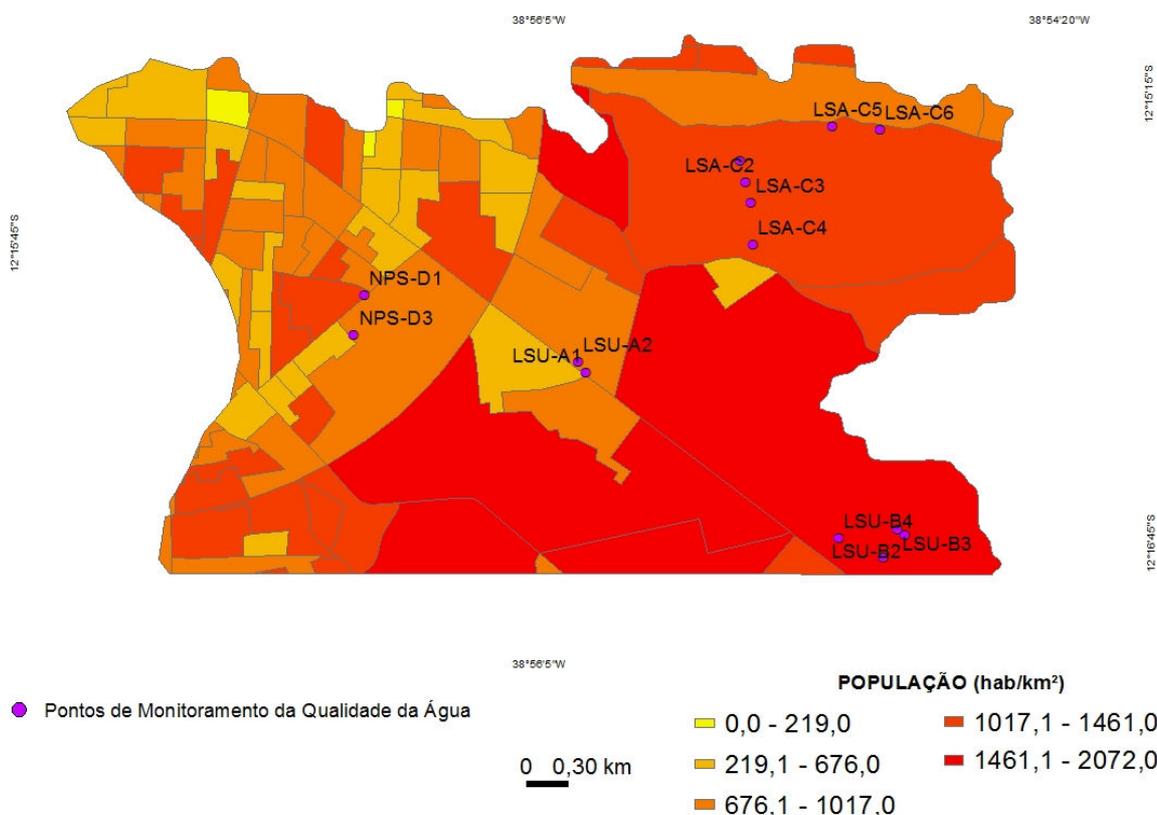


Figura 12: População residente por setor censitário no Alto da Bacia do rio Subaé.

Fonte: IBGE, 2010

### 6.1.6 Delimitação do Uso e Cobertura da Terra

O mapeamento de uso e cobertura da terra evidenciou que na área de estudo predominam a ocupação urbana, com uma área de 1.017,32 ha correspondente a 49,29% de ocupação do espaço. A área antropizada apresentou 660,22 ha, perfazendo 31,98% do total ocupado. Em menor proporção de ocupação, aparecem os corpos d'água, com 209,79ha (10,16%), o Centro Industrial do Subaé (CIS), com 144,58 ha (7%), mata antropizada com 28,96ha (1,4%) e mineração com área de 3,19ha (0,15%) (Tabela 01 e Figura 13).

TABELA 02: Percentuais de ocupação e uso no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana-BA.

ANO 2009	ÁREA OCUPADA (ha)	(%)
AGUA	209,79	10,16
ÁREA ANTROPIZADA	660,22	31,98
CENTRO INDUSTRIAL DO SUBAÉ (CIS)	144,58	7,00
MATA ANTROPIZADA	28,96	1,40
MINERAÇÃO	3,19	0,15
URBANO	1.017,32	49,29
TOTAL	2.064,06	100

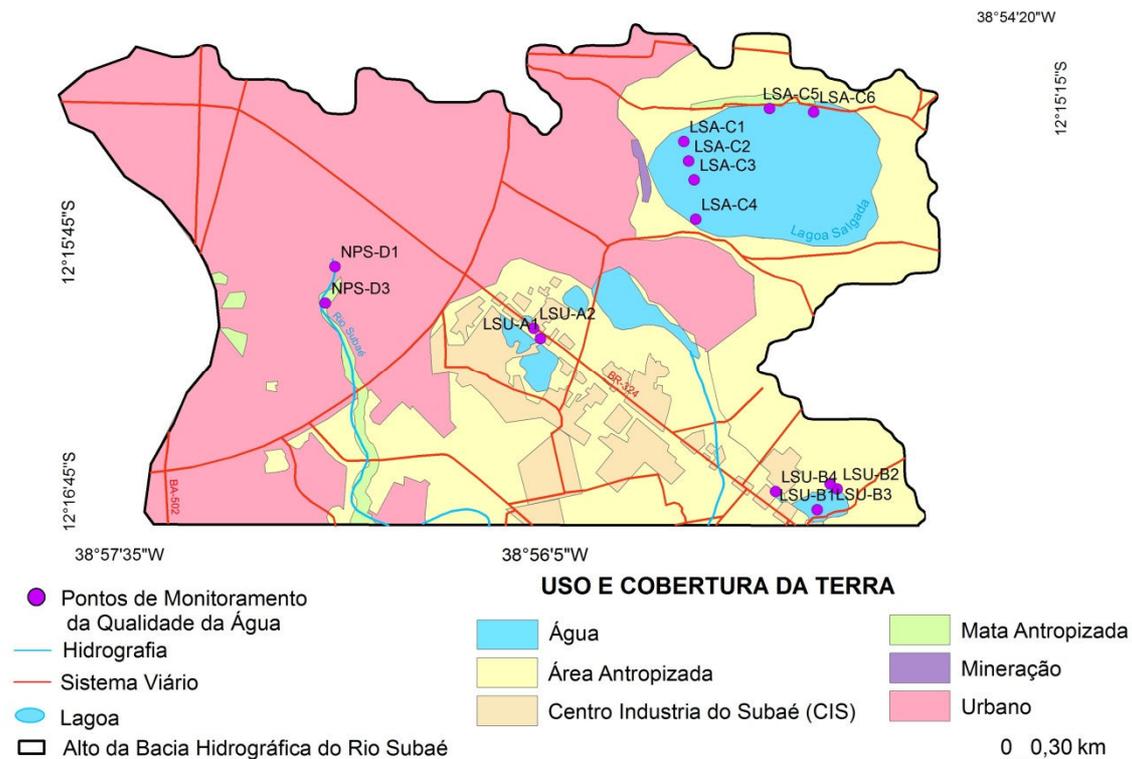


Figura 13. Uso e Cobertura da Terra do Alto da Bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

O grande percentual encontrado de ocupação Urbana (49,29%), na área de estudo, reflete um momento econômico propício à ampliação imobiliária, vivenciado não somente por Feira de Santana-Ba, mas por todo o Brasil.

O programa do PAC (Programa de Aceleração e Crescimento), iniciado no governo Lula e continuado pela atual presidenta, vêm na região das Lagoas Salgada e Subaé alvos principais para a urbanização da cidade. Muitos condomínios estão sendo instalados dentro dessas lagoas (Figura 14).



Figura 14. Condomínio instalado na Lagoa Salgada, Feira de Santana-Ba.

Além disso, ocupações espontâneas, sem o devido ordenamento do poder público, também avançam sobre os ambientes, principalmente na nascente do rio Subaé (Figura 15).



Figura 15. Avanço da ocupação urbana espontânea sobre a nascente Pedro Suzart, Feira de Santana-Ba.

Neste sentido, o avanço da ocupação espontânea é mais prejudicial aos ambientes do que a ocupação ordenada/planejada, pois normalmente, logo no início da ocupação/invasão, não existem projetos de saneamento básico. O que implica em despejos em corpos aquáticos próximos, ocasionando a alteração da qualidade da água desses ambientes.

A partir do segundo mês de monitoramento a área das nascentes da rua Pedro Suzart foram beneficiadas pelo esgotamento sanitário. E durante todo o período do estudo (setembro/2010 a novembro/2010) foi possível perceber a alteração na paisagem (redução do lixo no local, alteração na coloração da água e redução do cheiro fétido).

O percentual de praticamente 32,00% para o uso área antropizada, reflete o avanço da ocupação do homem sobre a mata nativa da área de estudo para a implantação de pastagens, agricultura (presença de pequenas culturas como hortas), ou até mesmo para a especulação imobiliária, onde primeiro se desmata, para aos poucos ocupar com condomínios (Figura 16).



Figura 16. Dessedentação de animais na Lagoa Salgada, Feira de Santana-Ba

Vários pontos de monitoramento da qualidade da água estão sobre este uso da terra (LSA-C1, LSA-C2, LSA-C3, LSA-C4, LSU-B1, LSU-B2 e LSU-B3), o que significa que nestes ambientes, os parâmetros de qualidade da água observados refletem as consequências da inexistência da mata nativa, a

exposição do solo deixando-o às intempéries do tempo e compactando-o com a criação de animais nas suas proximidades.

O Centro Industrial do Subaé – CIS apresenta um percentual de 7% de ocupação do total da área de estudo. Este uso abriga os pontos de monitoramento: LSU-A1, LSU-A2 e LSU-B4.

A industrialização de Feira de Santana foi iniciada na década de 70 com a implantação do CIS. Este centro industrial abriga uma série de bens intermediários e finais, tendo como maior representatividade a metalurgia, alimentício, bebidas, madeira, minerais e não metálicos, químico, borracha, etc. (FREITAS, 1998).

O processo de implantação do CIS em Feira de Santana- Bahia, obedeceu, a uma projeto de fomento à industrialização inspirado, segundo Freitas, (1998) “na política de desconcentração industrial adotada pelo Governo Federal” e Feira de Santana é um dos municípios escolhidos em razão de se constituir como um entroncamento rodoviário, o que possibilita o acesso a várias regiões do país através das rodovias BR 324, 116, 467 e 242 (VILAS BOAS, 2007).

Hoje o CIS é um dos três maiores centros industriais baianos, junto com o Polo de Camaçari e o Centro Industrial de Aratu, abrigando um total de 150 empresas e tem mais 27 em fase de implantação (SICM, 2012).

Este crescimento industrial teve um ônus, pois atraiu um grande contingente populacional que residiam em áreas rurais próximas a Feira de Santana. Vieram atraídos pelos salários e castigados pelo clima semi-árido. Porém, não houve aproveitamento de todos ou ainda houve aqueles que não se adaptaram aos trabalhos industriais. Com isso ocorreu o aparecimento de novos bairros e a constante redução do ambiente natural das/nas proximidades das lagoas Subaé e Salgada.

A prática de aterros para construção de ruas e edificações em setores alagadiços situados sobre as lagoas além de interferir diretamente na dinâmica natural das águas superficiais, barrando parcial ou totalmente seu fluxo natural, diminui a superfície das lagoas, com a transformação dos setores alagadiços em lagoas permanentes, setores alagadiços periódicos em permanentes, afetando, de forma indiscriminada, o ecossistema local. Partes dos dejetos domésticos produzidos pela população são lançadas sem qualquer tipo de

tratamento nas lagoas, alagadiços e riachos que cortam a malha urbana. Esse processo além de acarretar a contaminação dos mananciais de superfície e subsuperficiais, afeta diretamente a dinâmica natural das águas superficiais e adiciona grande quantidade de água fétida ao sistema hidrológico: pluvial e freática (ALMEIDA, 2000) (Figuras 17 e 18).



Figura 17. Ocupações espontâneas na Lagoa Subaé, lado Sul da BR-324, Feira de Santana-Ba.



Figura 18. Presença de lixo nas proximidades da Lagoa Subaé, lado sul da BR-324, Feira de Santana-Ba.

Provavelmente o adensamento dos demais centros industriais baianos (Aratu e Camaçari) e a proximidade da cidade de Feira de Santana com a

capital do estado tem contribuído com o contínuo crescimento do CIS. O presente estudo pode acompanhar o progresso de novas indústrias nas áreas ditas como “disponíveis” para instalações industriais, ao longo da BR 324 (Figuras 19 e 20).



Figura 19. Aterramento da Lagoa Subaé, lado norte da BR-324, devido a implantação de indústrias (julho/2010).



Figura 20. Aterramento da Lagoa Subaé, lado norte da BR-324, devido a implantação de indústrias (novembro/2010).

O uso da terra denominado mata antropizada, perfaz 1,4% do total de uso de toda a área. Localiza-se nas proximidades da Lagoa Salgada, pontos de monitoramento LSA-C5 e LSA-C6.

Esse resquício de mata antropizada, mesmo que já bem alterada pela ação humana, continua contribuindo com a matéria orgânica da lagoa, proteção do solo no que tange a erosão e o assoreamento da lagoa (Figura 21).



Figura 21. Mata antropizada nas margens da lagoa Salgada, Feira de Santana-Ba.

O uso da terra denominado mineração perfaz 0,15% da área total de uso da área (Tabela 02).

A atividade mineradora ocorre exclusivamente nas margens da lagoa Salgada, nos pontos LSA-C1, LSA-C2, LSA-C3 e LSA-C4, e é responsável pela produção de argila para confecção de tijolos (Figura 22).



Figura 22. Olarias às margens da Lagoa Salgada, Feira de Santana-Ba.

As olarias da Lagoa Salgada pertencem a pessoas simples de baixo poder aquisitivo, muitos deles moram no local e não possuem nenhum conhecimento das exigências da legislação ambiental para a instalação e operação da atividade (Lei nº. 6.938/81). Portanto, torna-se necessário a regularização perante o órgão responsável, podendo assim fiscalizar as ações com relação a degradação causada (Figura 23).



Figura 23. Ferramenta utilizada para extrair a argila na Lagoa Salgada, Feira de Santana-Ba.

## 6.2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

As análises dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos serão discutidas individualmente e estão apresentadas por meio de gráficos, tabelas e figuras.

Nas tabelas estão apresentados os valores de cada variável por ponto e período de coleta. Inicialmente esperava-se observar a existência de diferença nos parâmetros analisados nos períodos seco e chuvoso, porém como o ano de 2011 não obedeceu ao padrão dos anos anteriores em relação ao regime pluviométrico tal comparação seria incoerente (Figura 24).

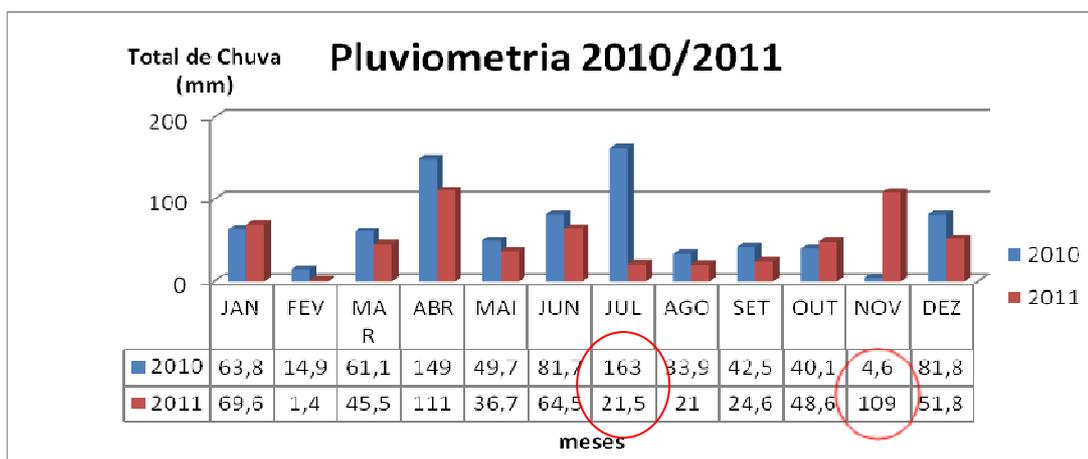


Figura 24. Índice pluviométrico dos anos de 2010 e 2011 da cidade de Feira de Santana-BA. Fonte: INEMA, 2012.

Em 2010, os maiores índices pluviométricos foram registrados nos meses de abril e julho, como sempre tem sido registrado em anos anteriores (SANTOS, 2008). Já o ano de 2011, apresentou um destaque na distribuição pluviométrica no mês de Novembro como um dos maiores índices pluviométricos do ano (111 mm). A discrepância de pluviosidade nos meses de Julho 2010/2011 e Novembro 2010/2011, foi destacado na figura acima.

Os gráficos representam as médias ou medianas de todos os períodos de coleta nos pontos monitorados. Estes valores serviram como base para a comparação com os valores dispostos na resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/05, que discorre sobre a classificação dos

corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

A figura representa a distribuição, em escala, dos valores médios obtidos para cada parâmetro em relação ao mapa confeccionado com os pontos de coleta. Auxiliando assim a interpretação da qualidade da água de cada corpo hídrico que forma o alto da Bacia Hidrográfica do rio Subaé e possibilitando as discussões a respeito ao uso e cobertura da terra.

### 6.2.1 pH

Os valores médios de pH apresentados nos pontos de amostragem da água das nascentes e lagoas, variaram de 6,2 no ponto NPS-D3 a 7,3 no ponto lsa-c4 (Quadro 5).

Quadro 05. Valores pH obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

Ponto	Parâmetro	mês					Média
		set/10	dez/10	mar/11	ago/11	nov/11	
lsu-a1	pH	7,55	7,42	6,1	5,91	5,98	6,6
lsu-a2		6,91	7,75	5,2	5,93	5,93	6,3
lsu-b1		8,1	7,9	6,16	6,16	5,97	6,8
lsu-b2		*	7,87	6	6,14	5,75	6,4
lsu-b3		7,66	7,95	5,85	5,72	6,7	6,7
lsu-b4		6,85	8,19	6,05	6,12	6,2	6,7
lsa-c1		*	9,32	6,15	5,73	5,68	6,7
lsa-c2		3,98	9,82	6,22	6,45	5,95	6,5
lsa-c3		*	9	6,31	6,39	5,98	7,0
lsa-c4		*	9,8	6,33	6,82	6,18	7,3
lsa-c5		*	8,29	6,38	6,59	6,59	7,0
lsa-c6		*	7,83	6,18	6,46	6,46	6,7
NPS-D1		8,78	8,2	6,31	6,25	5,93	7,1
NPS-D3		*	7,46	5,97	5,86	5,7	6,2

\* Pontos de coleta de água inseridos após a segunda campanha.

De forma geral valores considerados ácidos foram observados em todos os pontos analisados no mês de Novembro/2011. Esse cenário pode ser

explicado pelo excesso de chuvas nesse mês (figura 24) que contribui para o carreamento de substâncias ácidas bem como a dissolução dos mesmos.

Os pontos da Lagoa Salgada em Dezembro/2010 foram marcados pela alcalinidade da água que variou de 7,83 a 9,82, explicando o maior desvio na figura 25.

A acidez no meio aquático (pH baixo) é causada principalmente pela presença de CO<sub>2</sub>, ácidos minerais e sais hidrolizados. Quando um ácido reage com a água, o íon hidrogênio é liberado, acidificando o meio. Às vezes são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. Naturalmente, nesses casos, o pH reflete o tipo de solo por onde a água percorre. Em lagoas com grande população de algas, nos dias ensolarados, o pH pode subir muito, chegando a 9 ou até mais. Isso porque as algas, ao realizarem fotossíntese, retiram muito gás carbônico, que é a principal fonte natural de acidez da água. Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais. Às águas superficiais possuem um pH entre 4 e 9 (ESTEVEES, 1998).

A comparação dos valores médios de pH apresentou dados de acordo com o que exige a Resolução nº.357/2005 (Figura 25), foi possível afirmar que o pH encontrado em todos os pontos analisados estão entre os valores mínimos e máximos estabelecidos pela referida resolução do CONAMA, que estipula valores de pH entre 6 e 9 para as águas doces de classe II.

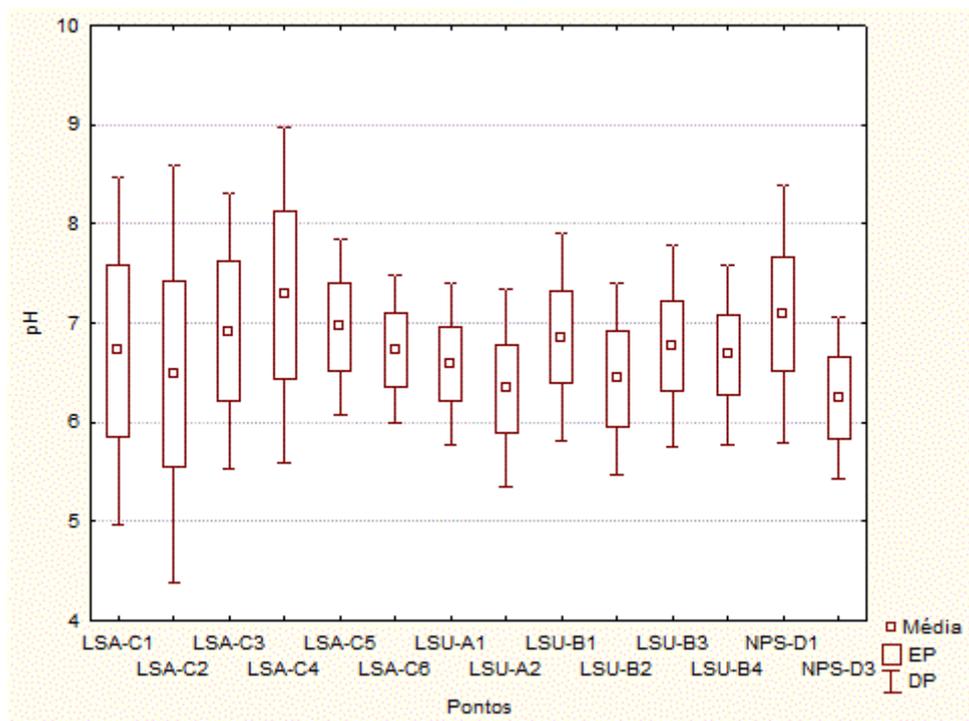


Figura 25. Box plot das médias de pH obtidos nas análises de água superficial dos pontos de coleta localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

Na figura 26 é possível concluir que os valores de pH não foram uniformes em cada área coletada. Essa afirmação enfatiza as características próprias de cada área e relaciona essas características ao uso e ocupação da terra como o principal interferente da qualidade da água no ponto de coleta.

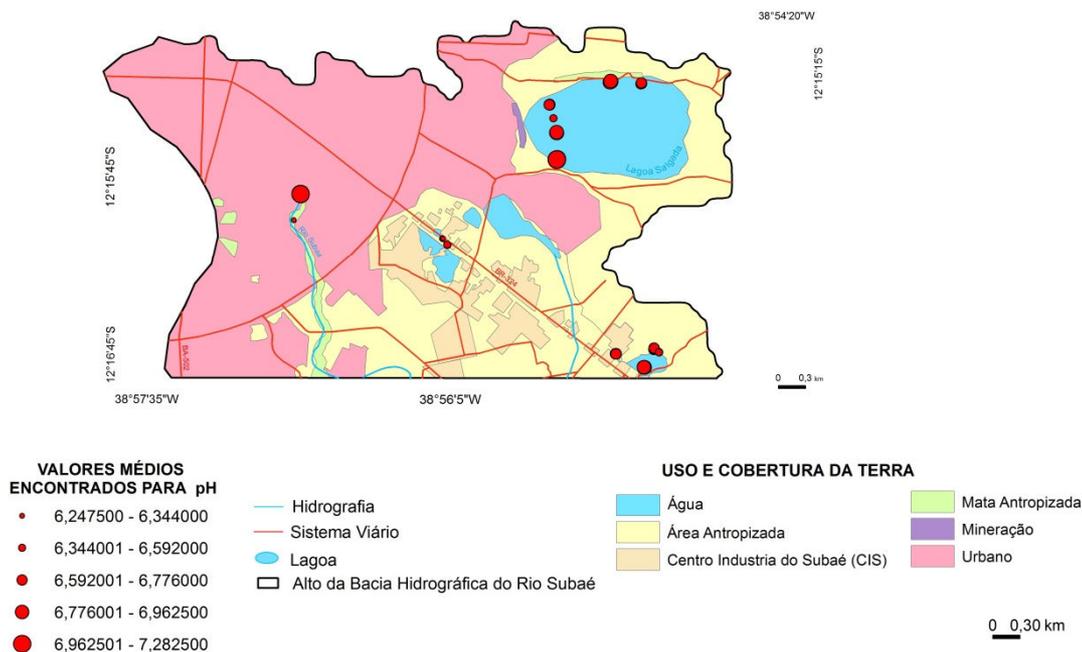


Figura 26. Distribuição dos valores médios de pH, em escalas, nos pontos de coleta do alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

A lagoa do Subaé, lado Sul, apresentou valores menores de pH, próximos a acidez (6,3), esse é o ambiente com maior densidade populacional de macrófitas e algas quando comparado com os demais corpos aquáticos, além da presença de indústrias e residências sem saneamento básico no entorno.

O pH também é muito influenciado pela quantidade de matéria morta a ser decomposta, sendo que quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, pois para haver decomposição de materiais muito ácido são produzidos (como o ácido húmico) (CAMARGO et al., 1996).

### 6.2.2 Temperatura da água superficial

A temperatura é considerada um parâmetro físico de importância na qualidade de água, embora não seja citada na Resolução nº 20 (CONAMA, 2005). Este parâmetro é quase sempre utilizado em avaliações de ambientes aquáticos, pois reflete bem as variações sazonais (BAUMGARTEN & POZZA,

2001). Ela desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos.

Os resultados analíticos das águas do alto da bacia do rio Subaé mostraram em geral que a temperatura não apresentou uma considerável influência sazonal, obedecendo assim a característica regional. A temperatura da água variou de 25,6°C no ponto LSU-A1 e 31,5°C no ponto LSU-B2 (Quadro 06). Foram observados valores médios mais altos em períodos de seca (Dezembro/2010- 30,8°) e em períodos chuvosos (Novembro/2011- 29,4°). Ressaltando que os horários de coleta variaram entre os pontos analisados, iniciando às 09h e terminando por volta de 12h.

Quadro 06. Valores de temperatura da água obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

Ponto	Parâmetro	Mês					Média	
		set/10	dez/10	mar/11	ago/11	nov/11		
lsu-a1	Temperatura	27,7	31,6	25,3	25,2	23,7	26,7	
lsu-a2		24,6	27,2	29,2	21,8	25,2	25,6	
lsu-b1		31,6	33,8	32	26,4	29,1	30,6	
lsu-b2		*	31,8	33,5	31	29,7	31,5	
lsu-b3		32,7	31,5	28	29,7	33,3	31,0	
lsu-b4		28,3	30,2	31	29,5	35,2	30,8	
lsa-c1		*	29,1	27,2	26,7	33,7	29,2	
lsa-c2		*	30	27,1	29,7	30,8	29,4	
lsa-c3		*	30,1	28	27,1	30,2	28,9	
lsa-c4		*	31	27,7	31,5	29,8	30,0	
lsa-c5		*	30,6	27,7	27	27	28,1	
lsa-c6		*	33,1	31,2	29,6	29,6	30,9	
NPS-D1		27,9	28,7	28,1	25,2	26,8	27,3	
NPS-D3		26,3	32	28,2	25,6	27	27,8	
Média			28,4 (±2,83)	30,8 (±1,74)	29 (±2,27)	27,6 (±2,70)	29,4 (±3,26)	29,04 (1,19)

\* Pontos de coleta de água inseridos após a segunda campanha.

Segundo, Apha, 1995, a medição de intensidade de calor da amostra torna-se importante, pois a elevação de temperatura ocasiona algumas alterações, tais como:

- aumenta a taxa das reações químicas e biológicas que se desenvolvem na faixa usual de temperatura, funcionando, portanto, como um catalisador;
- diminui a solubilidade dos gases (exemplo: oxigênio dissolvido);

Porém, os valores da variação das temperaturas analisadas neste trabalho não são críticas ao ponto de causar efeitos como os relatados acima. Isso pode ser afirmado através dos valores de desvio padrão que corresponderam aos valores mínimos encontrados, em geral, em todos os pontos de coleta, com exceção dos pontos LSU- A1 e LSU – A2 (Figura 27).

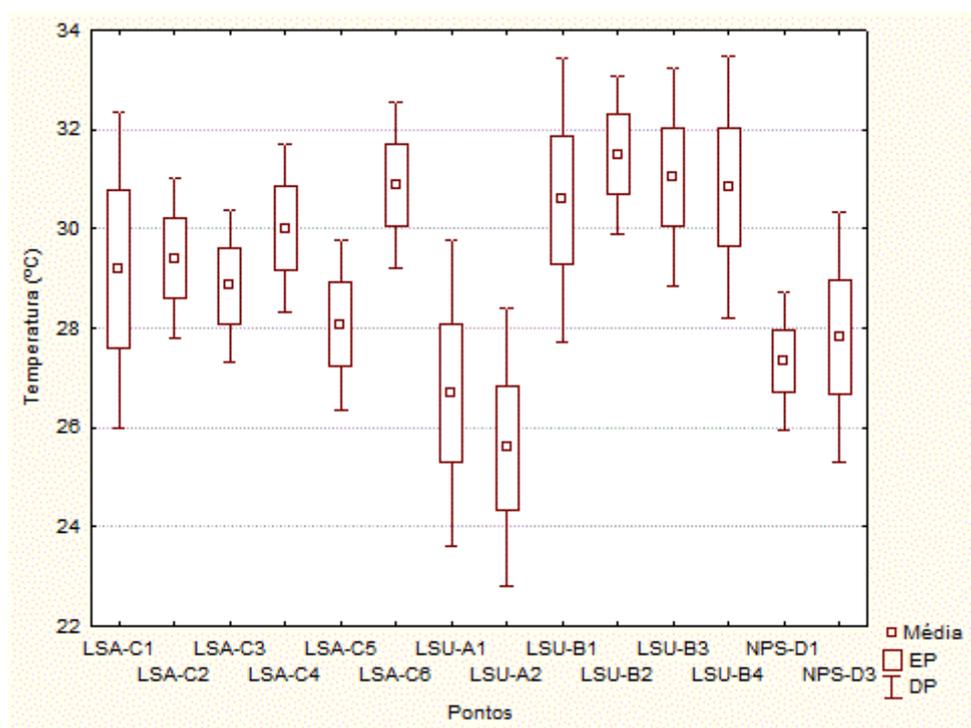


Figura 27. Box plot das médias de temperatura obtidos nas análises de água superficial dos pontos de coleta localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

Temperaturas mais elevadas na água superficial foram observadas na Lagoa do Subaé, lado Norte (Figura 28). O que possivelmente pode ser explicado pelo horário das análises (aproximadamente 12:00) e pela diminuta coluna d'água ( $\pm 40$  cm). A manutenção da vegetação ciliar, como pode ser observado também na figura 28 é inexistente, é a maneira mais efetiva de prevenir aumentos da temperatura da água, conforme relatado em vários

estudos, Swift & Messer (1971), Corbett & Spencer (1975), Sugimoto et al. (1997).

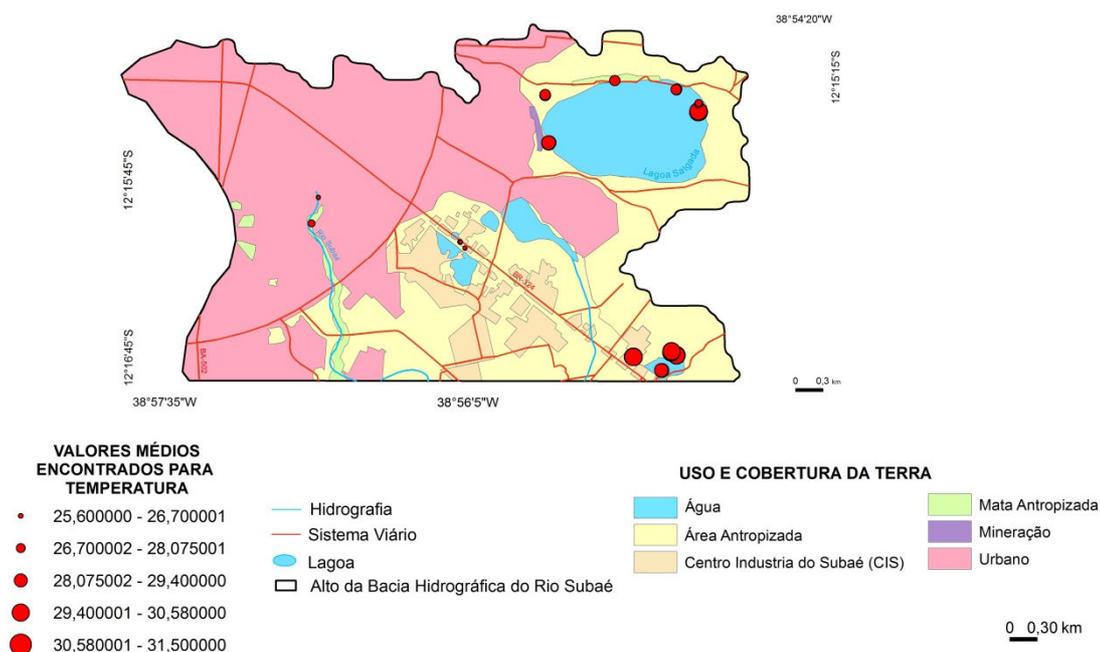


Figura 28. Distribuição dos valores médios de temperatura, em escalas, nos pontos de coleta do alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

### 6.2.3 Sólidos totais

Os sólidos dissolvidos totais variaram entre 373 mg/L no ponto LSU B1 a 3249,5 mg/L no ponto LSA C3 (Quadro 07).

Quadro 07. Valores de sólidos totais da água obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

Ponto	Parâmetro	mês					Média	
		set/10	dez/10	mar/11	ago/11	nov/11		
lsu-a1	Sólidos  Totais	392	736	434	450	450	492,4	
lsu-a2		350	694	2078	7088	456	2133,2	
lsu-b1		148	592	394	442	290	373,2	
lsu-b2		*	572	394	3944	450	1340	
lsu-b3		*	586	438	1880	272	794	
lsu-b4		*	602	512	736	244	523,5	
lsa-c1		1290	580	2574	6208	1822	2494,8	
lsa-c2		1216	530	2372	3522	1774	1882,8	
lsa-c3		*	540	3400	6758	2300	3249,5	
lsa-c4		*	590	618	1716	1990	1228,5	
lsa-c5		*	596	638	3146	2096	1619	
lsa-c6		*	622	572	2540	1614	1337	
NPS-D1		338	592	520	656	432	507,6	
NPS-D3		568	596	368	620	364	503,2	
Média			614,6 (±453,5)	602 (±54)	1093,7 (±1032,5)	2836,1 (±2392)	1039,6 (819,8)	1320 (±877,1)

\* Pontos de coleta de água inseridos após a segunda campanha.

Para um rio de classe II, o valor máximo permitido pela resolução 357/05 do CONAMA é de 500 mg.L-1, segundo a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido é de 1000 mg.L-1. Para irrigação valores menores que 400 mg.L-1 não apresenta restrição de uso. Com exceção do LSU B1, todos os pontos analisados apresentaram valores superiores a legislação brasileira.

O ano de 2010 obteve menores valores (média) de sólidos totais quando comparados com o ano de 2011. O pico de concentração de sólidos totais foi observado no mês de agosto/2011 durante um período seco possivelmente devido à redução pluviométrica e concentração do material orgânico e inorgânico na coluna d'água diminuta.

Valores de medianas de sólidos totais foram mais elevados na Lagoa Salgada em comparação a Lagoa Subaé e a nascente Pedro Suzart (Figura 29). Altas concentrações de sólidos totais impedem a entrada de luz necessária ao processo de fotossíntese, influenciando diretamente a produção primária o

que compromete a base da cadeia alimentar e, por conseguinte a qualidade ambiental.

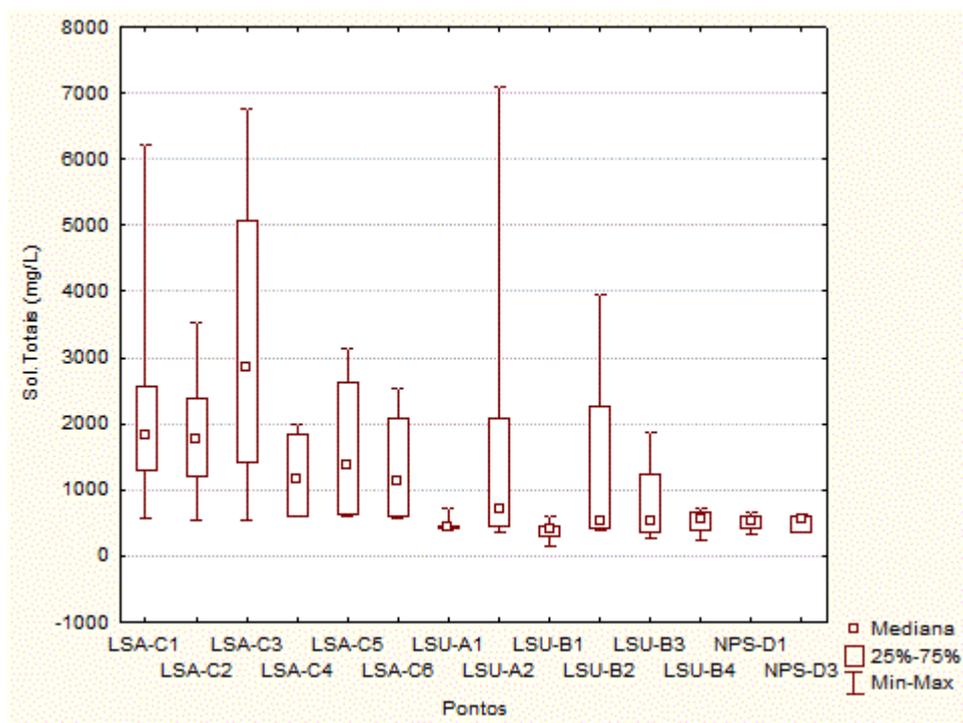


Figura 29. Box plot das médias de sólidos totais obtidos nas análises de água superficial dos pontos de coleta localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

A água com demasiado teor de sólidos dissolvidos totais não são convenientes para usos. Quando contém menos de 500 mg.L<sup>-1</sup> de sólidos dissolvidos é, em geral, satisfatória para uso doméstico e para muitos fins industriais. Com mais de 1000 mg.L<sup>-1</sup>, porém, a água contém minerais que lhe conferem um sabor desagradável e a torna inadequada para diversas finalidades (CARVALHO & OLIVEIRA, 2003).

Com valores tão elevados de sólidos totais em pontos analisados nas três áreas em estudo alimentadas pelo rio Subaé fica evidente o comprometimento dessa água para determinados fins, como tratamento convencional da água para abastecimento ao consumo humano ou ainda irrigação, uma vez que é possível encontrar diversas hortas instaladas no entorno das lagoas.

Apesar de todas as áreas (Nascente Pedro Suzart, Lagoa Salgada e Lagoa Subaé) estarem fragilizadas com o crescimento urbano e industrial, em relação a concentração de sólidos totais a Lagoa Salgada (Figura 30) encontra-se mais suscetível, principalmente nos pontos analisados que se encontram próximos as olarias.

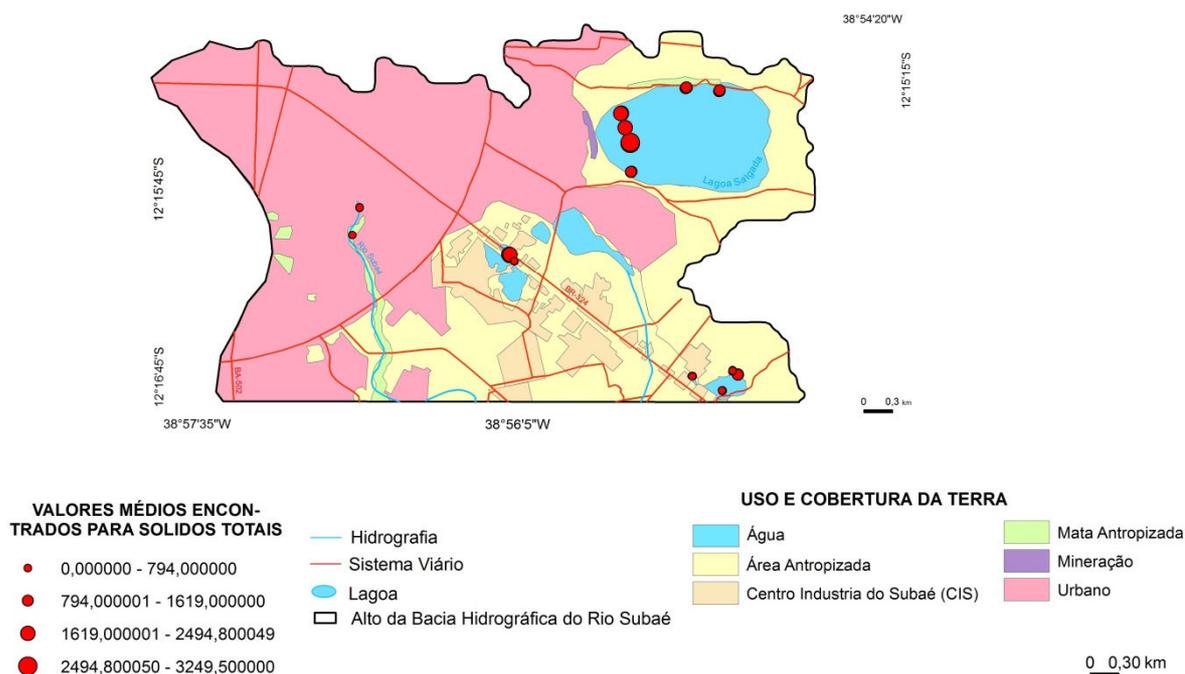


Figura 30. Distribuição dos valores médios de sólidos totais, em escalas, nos pontos de coleta do alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

A principal explicação para os altos valores de sólidos totais encontrados na lagoa Salgada é a atividade das olarias que retiram sedimento da lagoa de forma irregular e descontrolada comprometendo a diminuta coluna d'água que ainda resta nesse corpo aquático.

#### 6.2.4 Fosfato

A concentração de fosfato variou de 0,1mg/L nos pontos LSU-B4 e LSA-C4 a 49,4 mg/L no ponto NPS-D3. Apenas os pontos de coleta NPS-D1 e NPS-

D3 apresentaram concentrações de fosfato em todos os meses de coleta (Quadro 08).

Quadro 08. Valores de fosfato na água superficial obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

	Parâmetro	Mês					MÉDIA	
		set/10	dez/10	mar/11	ago/11	nov/11		
lsu-a1	Fosfato	0	0	0	0,2	0,4	0,12	
lsu-a2		2,2	1,2	0	0,2	0,2	0,76	
lsu-b1		0	0	0	0,2	0,2	0,08	
lsu-b2		*	0	0	0,2	0,4	0,15	
lsu-b3		*	0,35	0	0	0,2	0,1375	
lsu-b4		*	0	0	0,2	0,2	0,1	
lsa-c1		0,9	0	0	0,2	0,2	0,26	
lsa-c2		0,2	0,2	0	0	0,3	0,14	
lsa-c3		*	0	0	0	0,2	0,05	
lsa-c4		*	0	0	0,2	0,2	0,1	
lsa-c5		*	0	0	0,2	2,4	0,65	
lsa-c6		*	0	0	0,2	2,4	0,65	
NPS-D1		92	35	68	36	12	48,6	
NPS-D3		51	80	68	24	24	49,4	
Média			20,9 (±36,5)	8,3 (±22,6)	9,71 (±24,7)	4,4 (±11,1)	3,1 (±6,8)	7,22 (±17,7)

\* Pontos de coleta de água inseridos após a segunda campanha

Os valores médios de fosfato foram 0,05 no ponto lsa-c3 a 49,4 no ponto NPS-D3. grande ocorrência de valores nulos, principalmente no mês de março de 2011 ocasionou desvios padrões mais elevados que a média, determinando o efeito da sazonalidade na concentração do fosfato.

Segundo EPA (1976), algumas das origens dos fosfatos em águas são: a) constituintes de detergentes, aparecendo em produtos de limpeza e enriquecendo as águas residuárias urbanas; b) constituintes de fertilizantes, que são levados pelas chuvas até cursos d'água ou em resíduos não-tratados de indústrias de fertilizantes; c) presentes em sedimentos de fundo e lodos biológicos, na forma de precipitados químicos inorgânicos.

O fósforo é um elemento químico essencial à vida aquática e ao crescimento de microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria

orgânica, e na forma de fosfatos dissolvidos é um importante nutriente para produtores primários. Também pode ser o fator limitante da produtividade primária de um curso d'água uma vez que o lançamento desse nutriente por despejos industriais ou excesso de dejetos urbanos fosfatados pode estimular o crescimento de micro e macroorganismos fotossintetizadores, chegando até o desencadeamento de florações indesejáveis e oportunistas, que podem chegar a diminuir a biodiversidade do ambiente (eutrofização) (BAUMGARTEN et al., 1996).

Na figura 31, é possível observar a discrepância nas concentrações de fosfato observadas entre a nascente Pedro Suzarte (48,6 e 49,4 mg L<sup>-1</sup> PO<sub>4</sub>) e os corpos aquáticos formados pelas lagoas Subaé e Salgada, essa diferença explica os altos valores de desvio padrão encontrados nos diferentes meses de monitoramento. Em todos os pontos de monitoramento onde o fosfato foi detectado os valores superaram o limite estabelecido pelo CONAMA 357/2005 (até 0,050 mg/L em ambiente intermediário com tempo de residência da água de 2 a 40 dias) este valor está especificado na legislação em relação a concentração de fósforo total e não apenas fosfato.

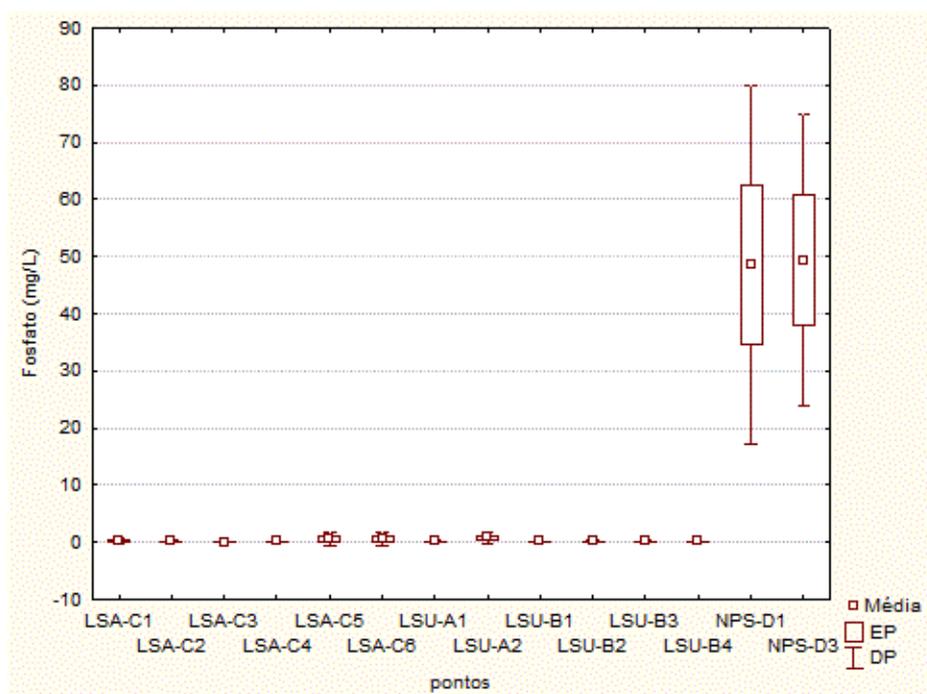


Figura 31. Box plot das médias de fosfato obtidos nas análises de água superficial dos pontos de coleta localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

Os pontos identificados como nascente Pedro Suzarte não possuem acúmulo de água inicial, são perenes com um fluxo permanente e que há aproximadamente 20 anos recebe as descargas domésticas da comunidade do Vietnã (Figura 32).



Figura 32. Imagem do ponto de monitoramento localizado na nascente Pedro Suzarte, Feira de Santana/BA.

Obras de canalização do esgotamento sanitário já estão sendo realizadas no local desde janeiro de 2011. Essas obras estão contribuindo com a redução de fosfato desde o primeiro mês de coleta (setembro/2010) até o último (novembro/2011).

#### 6.2.5 Nitrato

Não foram detectadas concentrações de nitrato nos pontos monitorados, a exceção da lagoa Subaé A1, no mês de novembro/2011 que corresponde ao último mês de monitoramento (Quadro 09).

Quadro 09. Valores de nitrato na água superficial obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

Ponto	Parâmetro	Mês					
		set/10	dez/10	mar/11	ago/11	nov/11	
lsu-a1	Nitrato	0	0	0	0	3	0,6
lsu-a2		0	0	0	0	3	0,6
lsu-b1		0	0	0	0	0	0
lsu-b2		*	0	0	0	0	0
lsu-b3		*	0	0	0	0	0
lsu-b4		*	0	0	0	0	0
lsa-c1		0	0	0	0	0	0
lsa-c2		0	0	0	0	0	0
lsa-c3		*	0	0	0	0	0
lsa-c4		*	0	0	0	0	0
lsa-c5		*	0	0	0	0	0
lsa-c6		*	0	0	0	0	0
NPS-D1		0	0	0	0	0	0
NPS-D3		0	0	0	0	0	0

\* Pontos de coleta de água inseridos após a segunda campanha

Os valores de nitrato obtidos na LSU A1 e LSU A2 não superaram o limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA, para os rios de classe 2, que é de 10,0 mg/L.

Já foi citado anteriormente que esses pontos possuem grande densidade de macrófitas que em determinados períodos do ano se espalham e recobrem toda a área da lagoa do Subaé. Na bacia hidrográfica, a maior parte dos nutrientes é retida dentro de um ciclo quase fechado. As plantas, ao morrerem e caírem no solo sofrem decomposição, liberando nutrientes. E por sua vez, o aumento da disponibilidade de nitrato (nutriente) promove o aumento no crescimento destas espécies (VON SPERLING, 1996).

O nitrato é a principal forma de nitrogênio encontrada na água, valores superiores a 5 mg. L-1 demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte do nitrato são os dejetos humanos, os nitratos estimulam o desenvolvimento das plantas e organismos aquáticos (OGERA, 1995).

### 6.2.6 Turbidez

Os valores médios de turbidez variaram entre 3,6 mg/L em LSA C3 e 139,2 mg/L em LSU B2 (Quadro 10).

Quadro 10. Valores de turbidez na água superficial obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

Pontos	Parâmetros	Mês					Média	
		set/10	dez/10	mar/11	ago/11	nov/11		
lsu-a1	Turbidez	7,59	254	3,28	9,81	8,81	56,7	
lsu-a2		10,28	19,57	32,82	8,65	5,9	15,4	
lsu-b1		24,4	120	1,88	1,81	94,99	48,6	
lsu-b2		*	4,96	0,89	460	90,8	139,2	
lsu-b3		*	3,9	77,63	10,59	8,84	25,2	
lsu-b4		*	7,39	5,71	115	8,86	34,2	
lsa-c1		7,47	3,26	0,88	4,68	9,86	5,2	
lsa-c2		3,98	5,44	1,87	4,81	4,6	4,1	
lsa-c3		*	1,94	1,73	9,8	0,85	3,6	
lsa-c4		*	3,49	2,6	21,82	7,45	8,8	
lsa-c5		*	6,52	4,6	1,85	389	100,5	
lsa-c6		*	4,11	1,87	31,86	157	48,7	
NPS-D1		86	59	0,89	0,87	26,8	34,7	
NPS-D3		409	80	0,88	0,69	0,76	98,3	
Média			78,4 (±148,6)	41 (±71,2)	9,8 (±21,2)	48,7 (±122)	58,2 (±106,3)	44,5 (±41,9)

\* Pontos de coleta de água inseridos após a segunda campanha

Em relação ao período de coleta, o mês de setembro/2010 apresentou valores médios mais elevados e os pontos NPS D1 e D3 são os responsáveis por esse cenário.

Valores acima do limite da legislação brasileira (100UNT) foram observados em: NPS D3, em setembro/2010), LSU A1 (dezembro/2010), LSU B2 (agosto/2011) e nas LSA C5 e C6 (novembro/2011). Essas oscilações de valores de turbidez entre as áreas de monitoramento e entre os pontos estão representados na Figura 33, indicando uma relação estreita entre o uso e ocupação da terra e a carga de resíduos que são responsáveis pela turbidez

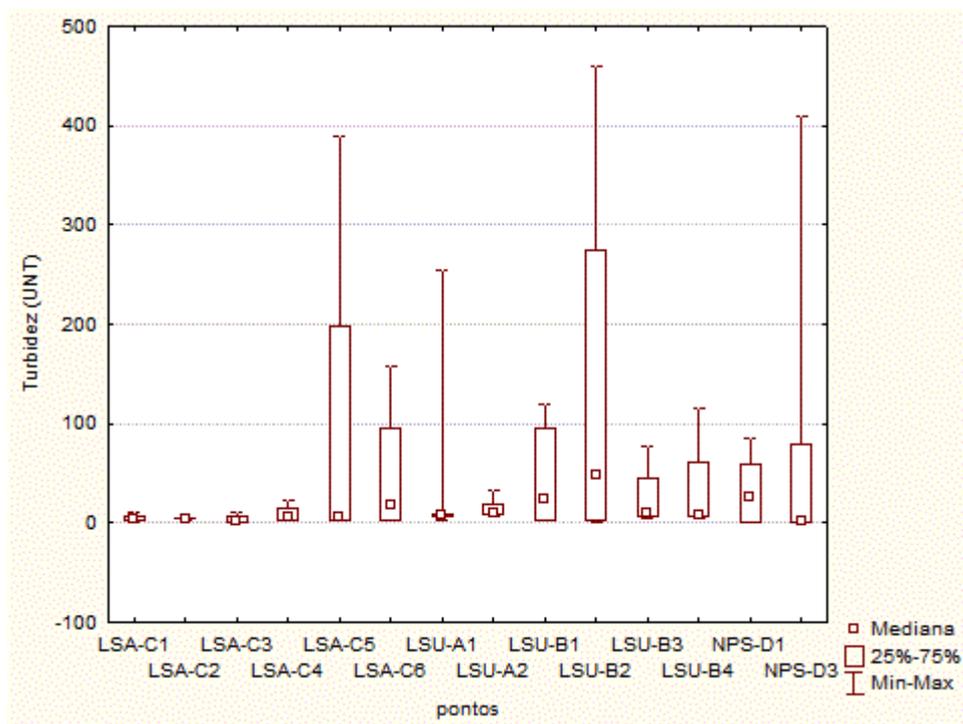


Figura 33. Box plot das médias de turbidez obtidos nas análises de água superficial dos pontos de coleta localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

A turbidez representa a presença ou não de sólidos em suspensão na água, tais como partículas inorgânicas (areia, silte e argila) e detritos orgânicos, algas, bactérias, etc. A alteração da turbidez em um corpo d'água é a principal consequência da redução da penetração da luz solar, o que prejudica a oxigenação do meio (VON SPERLING, 2007).

A lagoa Subaé, lado norte, é um corpo aquático com sérios riscos de aterramento devido a expansão da área do Complexo Industrial Subaé (CIS) (Figura 34). Do primeiro dia de visita ao campo (setembro de 2010) até o último período de monitoramento percebe-se a redução deste ambiente. Esse fato é apontado como o grande responsável pelos altos valores de turbidez. Nas nascentes da Pedro Suzart, a descarga de esgoto doméstico é o responsável pelos valores elevados de turbidez, evidenciando a relação com o uso e ocupação do solo, que indica nessa área grande concentração urbana (Figura 34).

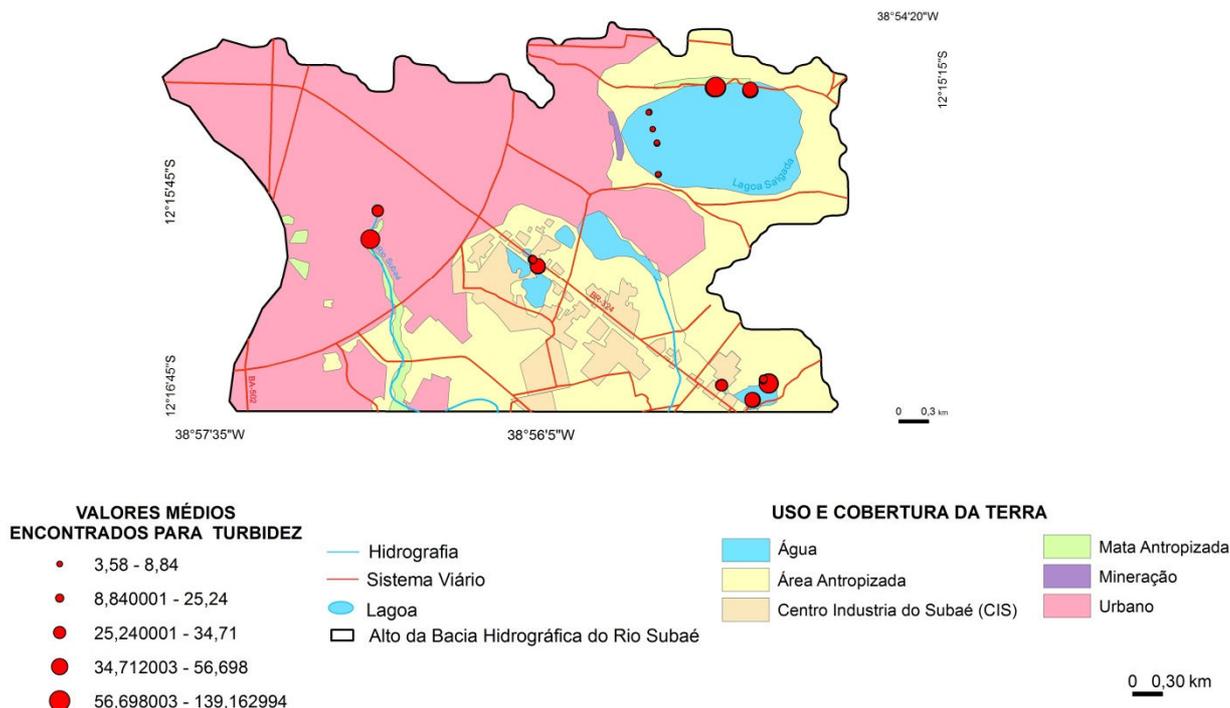


Figura 34. Distribuição dos valores médios de turbidez, em escalas, nos pontos de coleta do alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

De acordo com Von Sperling (1996), muitas vezes a origem antrópica dos sólidos em suspensão está associada a efluentes domésticos e industriais, microorganismos e erosão acelerada. A análise dos sólidos de origem antrópica é de grande importância, uma vez que remete à presença de compostos tóxicos e organismos patogênicos.

### 6.2.7 Oxigênio Dissolvido

Os valores médios de OD variaram entre 3,0 mg/L no NPS D3 e 9,8 mg/L no LSU A1(Quadro 11). Houve melhora nas concentrações de OD quando se compara os períodos iniciais de coleta (setembro/2010 e dezembro/2010) e os últimos.

Quadro 11. Valores de OD na água superficial obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

Ponto	Parâmetro	Mês					Média
		set/10	dez/10	mar/11	ago/11	nov/11	
Isu-a1	OD	*	6,6	11,6	11,3	-	9,8
Isu-a2		6,1	6	5,8	5,8	7,8	6,3
Isu-b1		*	-	-	4,8	7,6	6,2
Isu-b2		*	-	13,2	5,8	8,3	9,1
Isu-b3		*	-	1,6	3,2	7,6	4,1
Isu-b4		0,3	-	-	3,8	8,4	4,2
Isa-c1		*	5,5	-	9,8	8,5	7,9
Isa-c2		*	4,1	7,8	7,9	10,9	7,7
Isa-c3		*	5,2	11,6	11	12,7	10,1
Isa-c4		*	3,5	-	8,4	9,3	7,1
Isa-c5		*	3,1	11,1	2,2	2,2	4,7
Isa-c6		*	2,2	10,6	7,3	7,3	6,9
NPS-D1		0,4	0,9	1,8	1,8	11,7	3,3
NPS-D3		2,8	0,6	2,4	2,7	6,3	3,0
Média		2,4 (±2,72)	3,7 (±2,1)	7,7 (±4,5)	6,1 (±3,2)	8,3 (±2,6)	6,4 (±2,9)

\* Pontos de coleta de água inseridos após a segunda campanha

- valores não analisados devido a problemas com o aparelho de medição

Mais uma vez os pontos de monitoramento do NPS D1 e D3 apresentaram medianas inferiores quando comparados com os demais pontos (Figura 35). Geralmente o oxigênio dissolvido se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico (VON SPERLING, 1996).

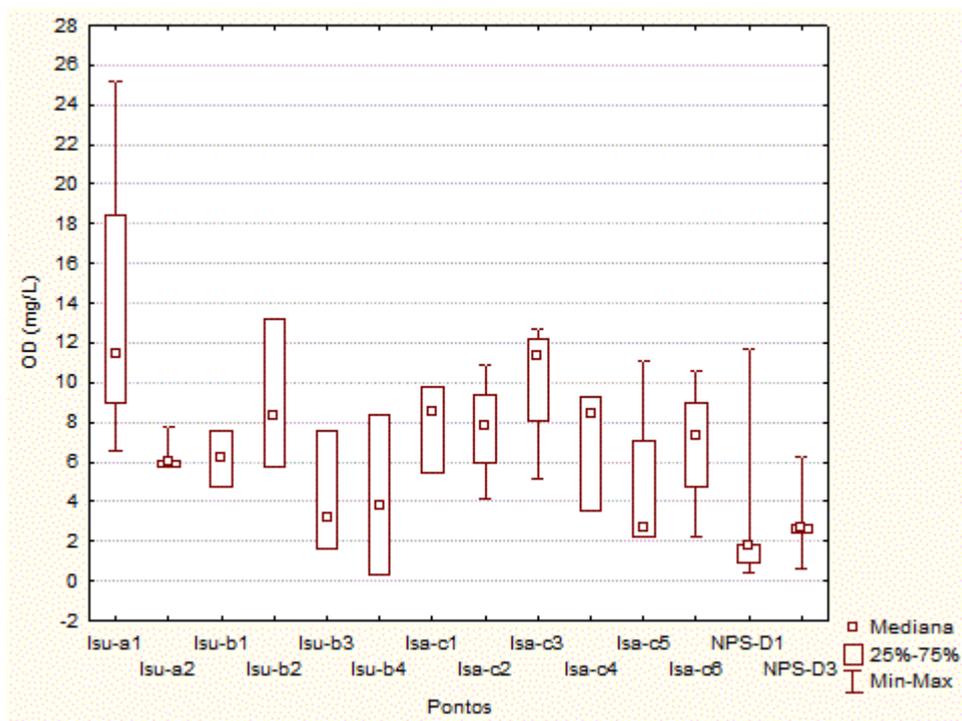


Figura 35. Box plot das médias de OD obtidos nas análises de água superficial dos pontos de coleta localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

A abundância de macrófitas na lagoa Subaé, lado Sul (LSU A1 e LSU A2) (Figura 36), não é fator limitante para OD uma vez que este ambiente em geral apresentou concentrações acima do limite inferior estabelecidos pelo CONAMA nº 357 de 2005 que é de 5 mg/L.

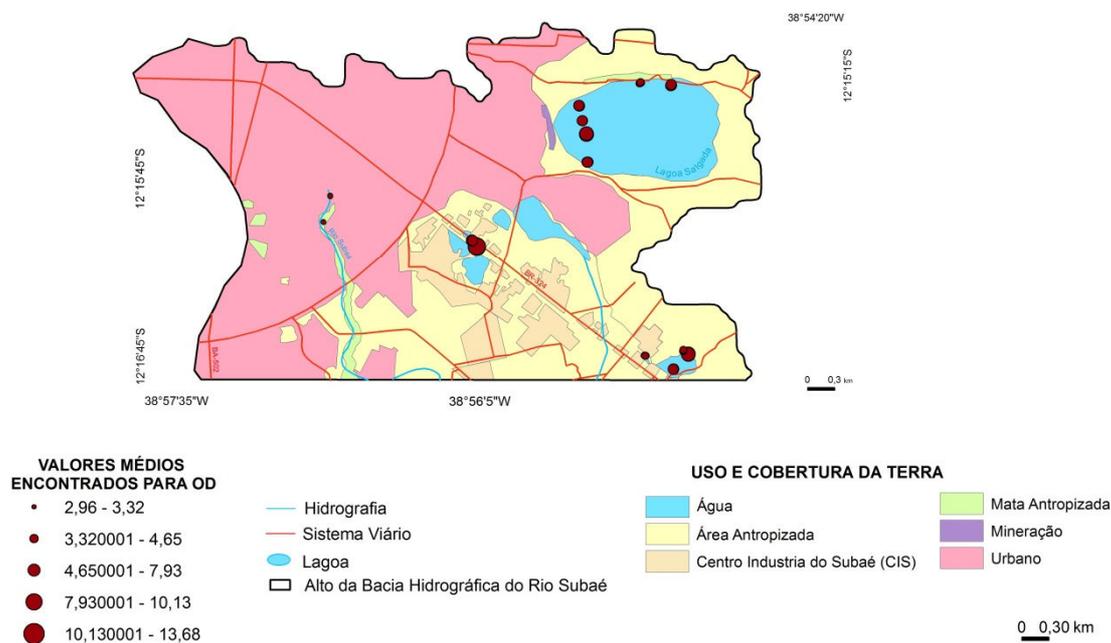


Figura 36. Distribuição dos valores médios de OD, em escalas, nos pontos de coleta do alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

O oxigênio é indispensável à vida, aos animais e à maior parte dos microorganismos que vivem da água. Ao contrário do ar, a água possui menos oxigênio, porque o gás não é muito solúvel. Um rio considerado limpo, em condições normais, apresenta normalmente, de 8 a 10 mg.L-1.

A temperatura também afeta a disponibilidade de oxigênio dissolvido na água. Conforme Esteves (1998), a temperatura influencia a respiração dos microorganismos como também a oxidação de matéria orgânica que consome o oxigênio dissolvido na água. Nas lagoas tropicais, como é o caso da área em estudo, que registram temperaturas da água mais elevadas do que lagoas temperadas, os processos de decomposição ocorrem mais rapidamente, interferindo na concentração de oxigênio dissolvido.

A determinação do oxigênio dissolvido é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica (CARMOUZE, 1994).

### 6.2.8 Demanda Bioquímica de oxigênio

DBO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável presente na água. Se a quantidade de matéria orgânica é baixa, as bactérias decompositoras necessitarão de pequena quantidade de oxigênio para decompô-la, então a DBO será baixa.

Os valores médios de DBO variaram de 3,2 mg/L em LSU B1 a 152 mg/L em NPS D1. Em todos os pontos de monitoramento foram detectadas concentrações de DBO, em algum período de monitoramento, porém apenas o NPS D1 apresentou DBO em todos os períodos analisados. (Quadro 12).

Quadro 12. Valores de DBO na água superficial obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

Ponto	Parâmetro	Mês					Média
		set/10	dez/10	mar/11	ago/11	nov/11	
lsu-a1	DBO	14	0	14	18	0	9,2
lsu-a2		35	5	16	14	4	14,8
lsu-b1		10	4	2	0	0	3,2
lsu-b2		*	10	0	16	0	6,5
lsu-b3		*	12	8	12	0	8
lsu-b4		*	10	0	9	0	4,75
lsa-c1		13	8	28	8	0	11,4
lsa-c2		11	0	32	10	8	12,2
lsa-c3		*	8	30	8	0	11,5
lsa-c4		*	6	30	8	0	11
lsa-c5		*	6	28	12	10	14
lsa-c6		*	12	28	8	10	14,5
NPS-D1		120	120	260	180	80	152
NPS-D3		0	80	220	120	180	120

\* Pontos de coleta de água inseridos após a segunda campanha

Não foram obtidos valores médios de DBO para possível comparação entre os períodos de coleta devido a grande ocorrência de valores nulos. Isso ocasionaria em desvios padrões mais elevados que a média e não forneceria conclusões confiáveis.

A Resolução CONAMA n° 357 de 2005 estabelece o limite inferior a 5 mg/l de DBO para água doces de classe II. Com relação a legislação todos os

pontos monitorados apresentaram valores acima da legislação vigente. Em destaque para o NPS D1 e D3 (Figura 37). As oscilações representadas pelos valores máximos e mínimos podem ser explicadas pelo índice pluviométrico e consequentemente pelas descargas de efluentes domésticos.

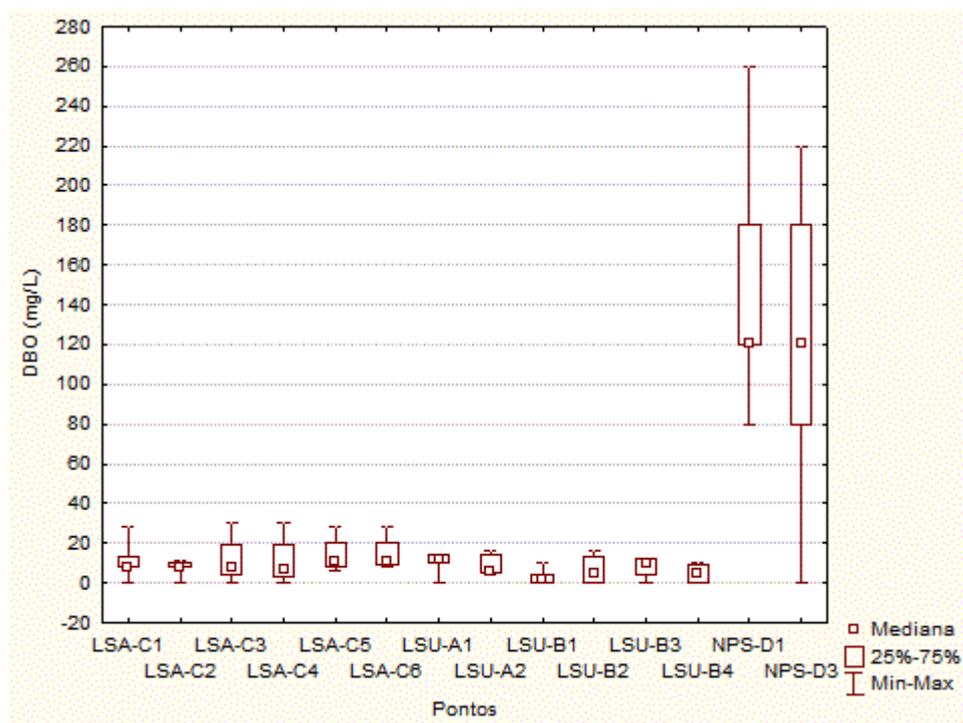


Figura 37. Box plot das médias de DBO obtidos nas análises de água superficial dos pontos de coleta localizados no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

A área de estudo das nascentes da Pedro Suzarte estão em destaque na figura 38, pois foram cerca de 10 vezes superiores aos demais pontos de monitoramento e 50 vezes acima ao limite máximo do CONAMA 357/2005, o que evidencia os impactos da antropização nesta área.

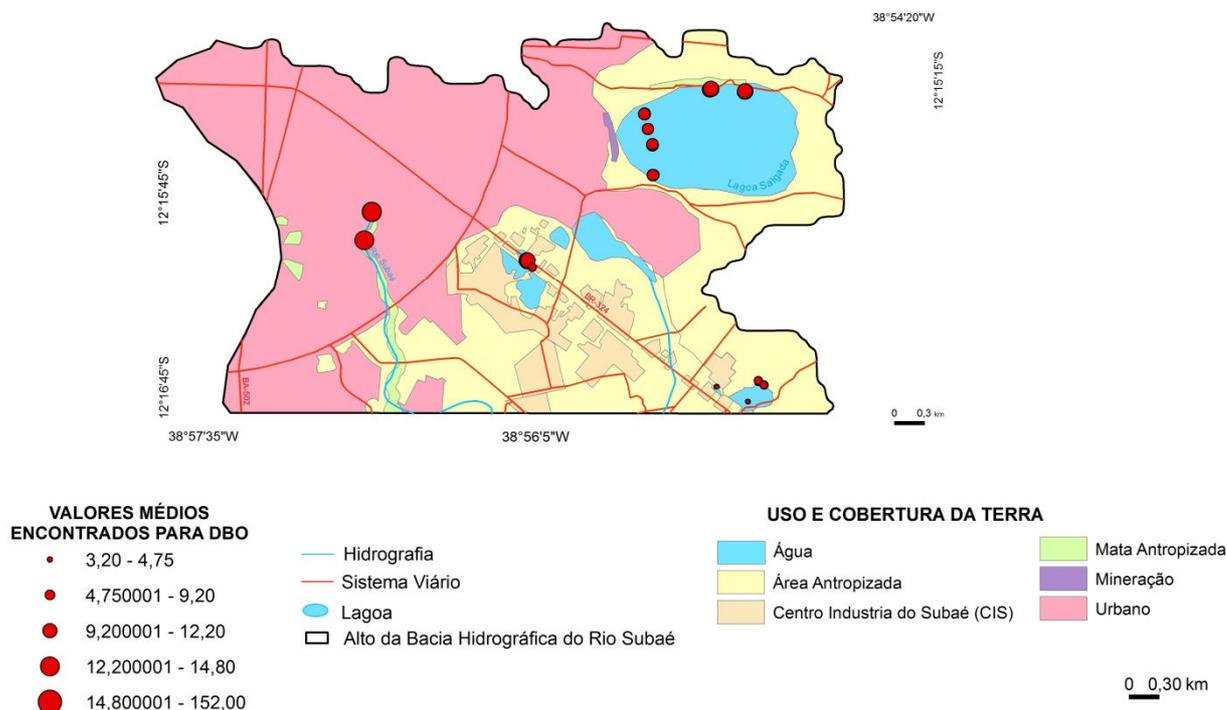


Figura 38. Distribuição dos valores médios de DBO, em escalas, nos pontos de coleta do alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

Como o consumo de oxigênio pelas bactérias (forma de análise da DBO) é dosado nesse parâmetro, ao reduzir as concentrações de oxigênio dissolvido aumenta-se a demanda bioquímica de oxigênio. Essa explicação ecológica é demonstrada ao comparar os teores de OD obtidos nos pontos NPS D1- D3 (3,3 e 3,0 mg/L, respectivamente) e a as concentrações de DBO (152 e 120 mg/L, respectivamente) apresentada na figura acima.

A Companhia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2005), classifica as águas com DBO menor de que 4 mg.L<sup>-1</sup> como águas limpas e como poluídas, valores de DBO maior que 10 mg.L<sup>-1</sup>. Se a legislação vigente do estado da Bahia fosse de acordo com os padrões estipulados pela CETESB, todas as áreas monitoradas seriam consideradas poluídas.

### 6.2.9 Coliformes Termotolerantes e Fecais

A análise de bactérias do grupo coliforme é usada como indicador do grau de contaminação e qualidade da água há mais de meio século. Ela avalia a poluição recente da água por fezes e eventualmente a sua contaminação. Quanto maior for o número de coliformes encontrados na água, maior é a probabilidade de se encontrar microrganismos patogênicos (DI BERNARDO DANTAS, 2005; ISAAC-MARQUÉZ et al 1994).

As análises das amostras da coleta de água dos pontos de monitoramento indicaram a presença de coliformes termotolerantes acima da resolução 357/05 do CONAMA, que é de 1.000 coliformes por 100 mL, valor estabelecido para as águas classificadas como doce de classe II (Quadro13).

Quadro 13. Valores de coliformes termotolerantes na água superficial obtidos por ponto de monitoramento em todas as campanhas de monitoramento de qualidade da água superficial no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana/BA.

Ponto	Parâmetro	Mês				
		set/10	dez/10	mar/11	ago/11	nov/11
Isu-a1	Coliformes Termotolerantes	> 23	> 23	> 23,00	≥1,6x10 <sup>4</sup>	≥1,6x10 <sup>4</sup>
Isu-a2		> 23	> 23	>1,6 x10 <sup>4</sup>	≥1,6x10 <sup>4</sup>	≥1,6x10 <sup>4</sup>
Isu-b1		> 23	> 23	>1,6 x10 <sup>4</sup>	≥1,6x10 <sup>4</sup>	5,0 x 10 <sup>2</sup>
Isu-b2		*	> 23	>1,6 x10 <sup>4</sup>	≥1,6x10 <sup>4</sup>	>23
Isu-b3		*	> 23	>1,6 x10 <sup>4</sup>	≥1,6x10 <sup>4</sup>	2,4 x 10 <sup>3</sup>
Isu-b4		*	> 23	>23	≥1,6x10 <sup>4</sup>	3 x 10 <sup>3</sup>
Isa-c1		> 23	> 23	>23	>23	>23
Isa-c2		> 23	> 23	>23	>23	>23
Isa-c3		*	> 23	>23	>23	>23
Isa-c4		*	> 23	>23	≥1,6x10 <sup>4</sup>	≥1,6x10 <sup>4</sup>
Isa-c5		*	> 23	>23	>23	3,0 x 10 <sup>3</sup>
Isa-c6		*	> 23	>23	>23	>23
NPS-D1		2,4 x 10 <sup>7</sup>	1,6 x 10 <sup>7</sup>	1,7 x 10 <sup>8</sup>	3x10 <sup>8</sup>	9 x 10 <sup>8</sup>
NPS-D3		5 x 10 <sup>7</sup>	1,6 x 10 <sup>7</sup>	1,7 x 10 <sup>8</sup>	5x10 <sup>8</sup>	5x10 <sup>7</sup>

\* Pontos de coleta de água inseridos após a segunda campanha

Todos os pontos coletados, e em todo o período de monitoramento foram consideradas imprópria para o consumo humano, por apresentarem

contagem de coliformes termotolerantes  $>23$  NMP/100ml na água superficial. Uma vez que esse é considerado o limite estabelecido pela Resolução RDC nº 54/2000 da ANVISA. Dessa forma, a presença de coliformes termotolerantes na água indica poluição, com o risco potencial da presença de organismos patogênicos, sendo indicativo da ocorrência de contaminação de origem fecal da água, devendo alertar as comunidades locais sobre a impossibilidade de utilizar essa água sem o devido tratamento.

Em alguns pontos analisados foi possível fazer a contagem do número de colônias através da diluição da água. Essa análise torna mais evidente a contaminação por coliformes uma vez que os valores alcançaram até 8 vezes os valores recomendados pelo CONAMA para água de Classe II ( $1 \times 10^3$ ). Em destaque mais uma vez para os pontos das nascentes Pedro Suzart, NPS D1 e D3 que apresentaram médias de  $9 \times 10^8$  e  $5 \times 10^7$ , respectivamente.

Estes elevados valores de coliformes termotolerantes nestes pontos, podem ser explicados pelo uso da terra ser classificado como área com adensamento urbano, são bairros não projetados e que não contam com saneamento básico, até o presente momento.

Os microrganismos patogênicos encontrados na água são transmitidos principalmente pela rota fecal-oral, ou seja, são excretados nas fezes dos indivíduos contaminados, que contaminam a água e o solo. Esses microrganismos são então ingeridos através de água ou alimento contaminado, podendo causar enfermidades diarréicas. Assim, a transmissão de microrganismos patogênicos pode ocorrer de pessoa para pessoa ou até mesmo de animal para humanos (WHO, 1996).

## **6.3 Modelagem Estatística**

### **6.3.1 Análise Estatística Descritiva**

Estatística descritiva foi realizada a partir dos cálculos das médias e desvios padrões para cada variável estudada (Tabela 2). Estatística inferencial foi realizada por meio da análise de regressão linear.

Tabela 3. Medidas descritivas das características físico-química da qualidade da água no alto da bacia do rio Subaé.

	OD (mg/l)	TURBIDEZ	DBO
N	52	63	63
Média	6,34	43,76	29,30
Mediana	6,2	7,39	10
Moda	2,2	0,88	0
Desvio padrão	3,6600	96,1032	55,4313
Mínimo	0,3	0,69	0
Máximo	13,2	460	260

As variáveis socioambientais vegetação, solo, uso e ocupação da terra, altimetria, declividade e população foram relacionada com 52 valores de oxigênio dissolvido, 63 de turbidez e DBO em totalizando as áreas, no alto da bacia do rio Subaé, onde o estudo de qualidade de água foi realizado. Os resultados estatísticos da relação entre as concentrações físico-químicas encontradas e as variáveis socioambientais relacionando-as em níveis de acordo com a legislação brasileira (CONAMA 357/2005) encontram-se na tabela 3.

Tabela 4. Frequência das variáveis em estudo no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana-BA.

Variável Socioambiental	Nível do OD			Nível da TURBIDEZ			Nível do DBO		
	Bom	Ruim	Total	Bom	Ruim	Total	Bom	Ruim	Total
<b>Vegetação</b>									
Área antropizada	19	8	27	31	4	35	10	25	35
Feira de Santana	14	11	25	25	3	28	7	21	28
<b>Total</b>	33	19	52	56	7	63	17	46	63
*P-valor do Teste Qui-quadrado	0,282			0,929			0,751		
<b>Solo</b>									
Areno-silto-argiloso	17	13	30	32	5	37	13	24	37
Areno-argiloso e Argilo-arenoso	16	6	22	24	2	26	4	22	26
<b>Total</b>	33	19	52	56	7	63	17	46	63
*P-valor do Teste Qui-quadrado	0,235			0,469			0,08*		
<b>Uso</b>									
Mata antropizada	3	1	4	5	0	5	1	4	5
Área antropizada	16	7	23	26	4	30	9	21	30
Mineração	2	1	3	4	0	4	1	3	4
Industrial	10	2	12	12	2	14	5	9	14
Urbano	2	8	10	9	1	10	1	9	10
<b>Total</b>	33	19	52	56	7	63	17	46	63
*P-valor do Teste Qui-quadrado	0,029*			0,839			0,685		
<b>Altimetria</b>									
211- 221	22	11	33	38	5	43	13	30	43
221,1- 227	9	0	9	9	1	10	3	7	10
227,1 - 233	2	8	10	9	1	10	1	9	10
<b>Total</b>	33	19	52	56	7	63	17	46	63
*P-valor do Teste Qui-quadrado	0,001*			0,982			0,419		
<b>Declividade</b>									
0 – 0,58	20	8	28	31	3	34	7	27	34
0,58 – 1,52	11	3	14	16	3	19	9	10	19
1,52 – 2,89	2	8	10	9	1	10	1	9	10
<b>Total</b>	33	19	52	56	7	63	17	46	63
*P-valor do Teste Qui-quadrado	0,006*			0,736			0,05*		
<b>População</b>									
Baixa concentração populacional	22	11	33	38	5	43	13	30	43
Alta concentração populacional	11	8	19	18	2	20	4	16	20
<b>Total</b>	33	19	52	56	7	63	17	46	63
*P-valor do Teste Qui-quadrado	0,527			0,848			0,112		

\* P-valor do teste qui-quadrado de associação é comparado ao nível de significância de 10%.

Estatisticamente é possível confirmar a relação entre: os níveis de DBO e o tipo de solo e a declividade. E as concentrações de OD e o uso e ocupação da terra, altimetria e declividade. A ausência de cobertura natural nas áreas antropizadas, utilização dos terrenos para pastagens, agricultura, mineração e especulação imobiliária, contribuem para o predomínio da significância em relação as concentrações de oxigênio disponível nos corpos aquáticos e na a área urbana, o contingente populacional, de condomínios, estradas, etc., que acarreta na redução dos ambientes naturais e a contaminação dos que ainda restam.

Segundo Mota (1995), quase todos os usos que o homem faz da água resultam na produção de resíduos, os quais são novamente incorporados aos corpos de água gerando a poluição que vem contribuindo com a degradação de corpos hídricos e alterando elementos importantes para a manutenção da vida e da qualidade da água.

Apesar de não significativo estatisticamente as demais relações entre as variáveis e os parâmetros físico-químicos foram discutidas nos próximos parágrafos, pois poderão servir de base para estudos futuros na área que optem por aumentar o número de amostras a serem analisadas e assim tentar observar relações significativas entre os demais parâmetros.

A Vegetação, caracterizada como Feira de Santana, ou seja, a área urbana do município de Feira de Santana-Ba, apresentou um total de 19 resultados de monitoramento acima do valor estabelecidos pela resolução do CONAMA nº 357/2005 para o OD (>5 mg/L). Deste total, 11 ocorrências foram para a referida categoria de vegetação denominada Feira de Santana, o que evidencia, já pela estatística descritiva, que este ambiente, mais propício a adensamento populacional, é de fato mais propenso à reduzidas concentrações de oxigênio dissolvido nas águas superficiais no seu entorno.

Ao relacionar os níveis de turbidez de todos os pontos do alto da bacia hidrográfica do Subaé com a variável vegetação, foi possível observar que a maioria dos valores apresentaram um nível considerado bom (56). Dos reduzidos valores considerados ruins (11), a área antropizada (4) prevaleceu sobre a área denominada como Feira de Santana (3), apesar da pequena diferença. Águas que drenam áreas antropizadas das margens de corpos aquáticos recebem grande quantidade de sólidos dissolvidos e nutrientes

provenientes principalmente do solo quando não há mata ciliar ou está se encontra em declínio (BIGGS et al. 2004).

Foram observadas um número maior de frequência de ocorrência de relação entre a variável solo e os parâmetros físico-químicos em solos do tipo areno-silto-argiloso quando comparadas a áreas do alto da bacia como solo do tipo argiloso e/ou argilo-arenoso. Os parâmetros OD e Turbidez, apresentaram maior frequência de níveis considerados bons (dentro da legislação ambiental). Já para o parâmetro DBO prevaleceram níveis ruins (acima da legislação vigente) nos solos do tipo areno-silto-argiloso.

A variável socioambiental altimetria foi caracterizada pela elevação de 211 a 221m. Esta área de menor elevação apresentou maior frequência de relações entre a variável altimetria e os parâmetros físico-químicos OD, turbidez e DBO. Para os dois primeiros parâmetros foram observadas maiores ocorrências de níveis bons quando comparados com o CONAMA 357/2005. Já em relação a DBO, de 43 ocorrências, em áreas de menor altimetria, 30 deles foram considerados como níveis ruins, ou seja, acima do limite de DBO estabelecido pela legislação. Quando se trata de escoamento superficial, sabe-se que as águas drenam das áreas mais elevadas para as mais baixas. E neste percurso, todo o material sedimentar (orgânico e inorgânico) é carregado para os corpos d'água que normalmente se situam nessas áreas mais rebaixadas. Este fato justifica a maior ocorrência de valores de DBO acima do estabelecido pela resolução do CONAMA nas áreas de menor elevação.

### 6.3.2 Estatística inferencial (Regressão Linear)

Os parâmetros OD demonstraram associação com as variáveis altimétricas e declividade, a turbidez com a variável solo e a DBO com as variáveis do solo e altimetria.

As análises de regressão linear para o modelo selecionado para explicar o OD foi composto pelas variáveis preditoras: altimetria e declividade, visto que todos os pressupostos da análise de regressão foram obedecidos (anexo).

As classes altimétricas menores (211m a 221m; 221,1m a 227m) tiveram relação positiva com o OD, comparando-se com a classe de 227,1m a 233m (Tabela 4).

Tabela 5. Modelo de regressão linear múltiplo das concentrações de oxigênio dissolvido analisadas no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana-BA.

	<b>Coefficientes</b>	<b>Estimativa</b>	<b>P-valor</b>
Intecepto	$\beta_0$	2,1890	0,0429**
Altimetria 221,1-227	$\beta_1$	8,6270	0,0029**
Altimetria 211-221	$\beta_2$	5,0220	0,0001**
Declividade 0,58 – 1,52	$\beta_3$	-2,861	0,2211
Declividade 1,52 – 2,89	$\beta_4$	-5,0218	0,0002 **

ANOVA; R2 ajustado= 0,2762; \*\*p-valor<0,05

Isto significa que a medida que a altimetria do alto da bacia reduz, há um aumento nos valores encontrados para OD (Figura 39), confirmando os resultados encontrados no monitoramento da qualidade da água.

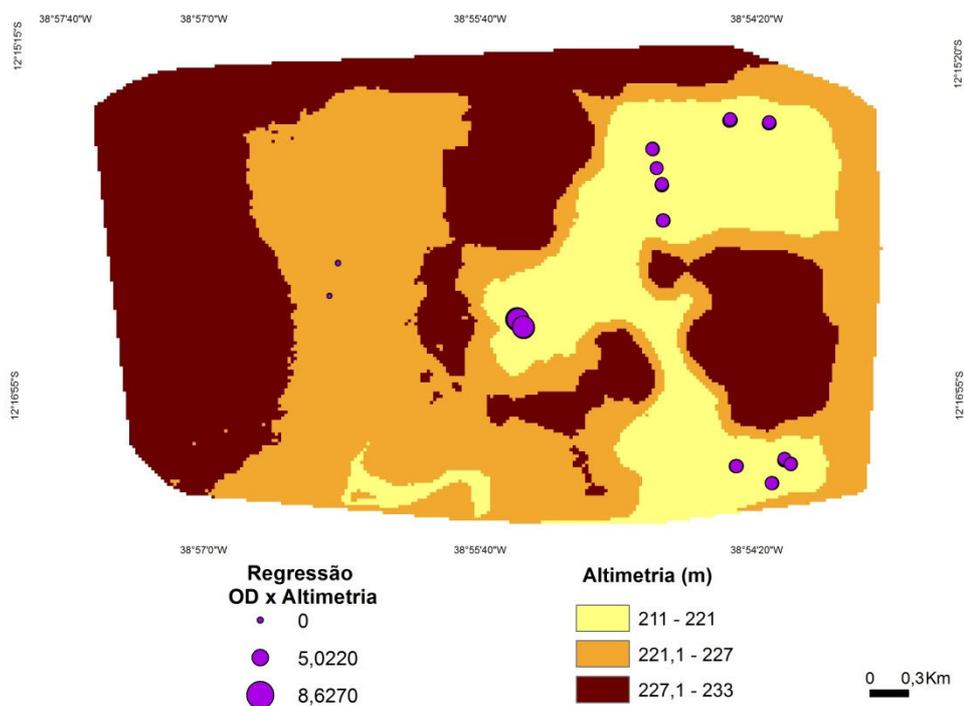


Figura 39. Espacialização da Regressão linear e a relação entre OD x altimetria no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana-BA.

A classe de declividade de  $0,58^\circ - 1,52^\circ$  e  $1,52^\circ - 2,89^\circ$  tem uma relação negativa com o OD, comparando-se com a classe de  $0 - 0,58$  (-2,861 e -5,0218, respectivamente). Isto significa que quando passa-se de uma área

menos íngreme para uma mais íngreme, há uma redução nos valores encontrados para OD (Figura 40).

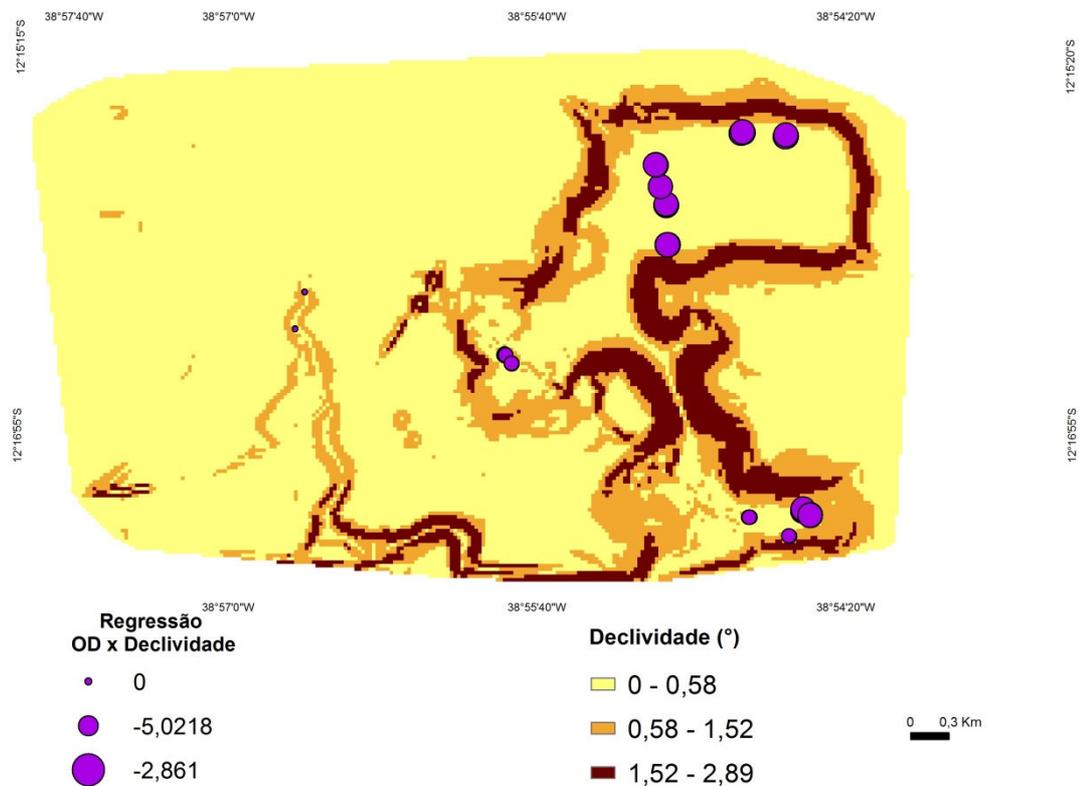


Figura 40. Espacialização da Regressão linear e a relação entre OD x declividade no alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana-BA.

Na técnica de Regressão Linear simples não foi possível detectar quais variáveis tinham relação com o DBO e a Turbidez, visto que os modelos selecionados violavam os pressupostos da análise de regressão (homocedasticidade, normalidade e independência) (anexo).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho constatou-se que o consórcio de informações do quadro socioambiental (solo, vegetação, altimetria, declividade, etc.), do monitoramento da qualidade das águas e de sensoriamento remoto associado a um SIG se mostrou muito favorável na análise e compreensão do estado do alto da bacia do rio Subaé, Feira de Santana-BA.

O presente estudo indicou que a qualidade da água do alto da bacia hidrográfica do rio Subaé encontra-se comprometida através dos parâmetros físico-químicos analisados, com situação mais agravante nas nascentes, pois deveriam estar inseridas em áreas mais protegidas (qualidades de água e proteção da vegetação ciliar), superando áreas com grandes degradações como as instalações industriais ou ainda áreas com grande atividade de exploração mineral (olarias).

A modelagem estatística funcionou como uma ferramenta que corrobora com os dados analíticos do monitoramento. Dessa forma, sugere-se em trabalhos futuros de qualidade ambiental, a tentativa do uso da regressão linear para relacionar as variáveis socioambientais com os parâmetros físico-químicos, o que dará mais robustez na discussão dos resultados obtidos.

Este é o primeiro produto dissertativo acerca da Bacia do rio Subaé e dará suporte para os demais que estão em desenvolvimento tanto no alto quanto no médio e baixo curso do rio Subaé, Feira de Santana, BA. Assim, a comunidade científica poderá contribuir com o poder público no que diz respeito a proteção/recuperação do que ainda resta não só das nascentes desta bacia como de todo seu curso d'água.

## REFERÊNCIAS

AHEARN, D. S; SHEIBLEY, R. W; DAHLGREN, M. A; JOHNSON, J; TATE, K. W. **Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California.** Journal of Hydrology, Elsevier, Amsterdã, Holanda, 313 (2005) 234–247.

AKAIKE, H. **A new look at the statistical model identification.** IEEE Trans. AutoCntrl AC-19, 6, 716-723.1974.

ALMEIDA, J. A. P. de. **Aplicação da metodologia sistêmica ao estudo do sítio urbano de Feira de Santana – Ba.** Feira de Santana, Ba. Revista Sitientibus, n. 22, p. 9-26, jan./jun. 2000. Disponível em: [http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/22/aplicacao\\_da\\_metodologia\\_sistemica.pdf](http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/22/aplicacao_da_metodologia_sistemica.pdf)

APHA – AWWA- WPCF. **Standart methods for the examination of water and wastewater. 19th edition.** Wasghington D.C. American Public Health Association.1995.953p.

ARAÚJO.E.P. **Aplicação de Dados SRTM á modelagem da erosão em microbacias por geoprocessamento.** 2006. 88p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – INPE, São José dos Campos: (INPE-12886-TDI/1008).

ARCOVA, F. C. S.; CESAR, S. F.; CICCIO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 10, n. 2, p. 185-196, 1998.

ATTANASIO, C.M. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade.** 2004. 193p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

AZEVEDO, Paulo Roberto Medeiros de. **Modelos de Regressão Linear-Natal (RN):** EDUFRN,1997.

BAHIA. **Lei nº 11.612 de 08 de outubro de 2009.** Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.meioambiente.ba.gov.br/upload/Lei\\_atual.pdf](http://www.meioambiente.ba.gov.br/upload/Lei_atual.pdf)

BAHIA. **Lei nº 12.212 de 04 de maio de 2011.** Dispõe sobre a Modificação da estrutura organizacional e de cargos em comissão da Administração Pública do Poder Executivo Estadual, e dá outras providências.Disponível em: [http://www.meioambiente.ba.gov.br/upload/LEI\\_12212.pdf](http://www.meioambiente.ba.gov.br/upload/LEI_12212.pdf)

CRA. Centro de Recursos Ambientais. **Bacias Hidrográficas do Recôncavo Norte.** Salvador, 1998.

UEFS. Universidade Estadual de Feira de Santana. **Projeto Nascentes, lagoas e rios de Feira de Santana**. Teses. Volume IV, UEFS, 1998.

CONDER. Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (CONDER). **Planialtimetria** – Feira de Santana, 1999

BAUMGARTEN, M. G. Z.; ROCHA, J. M. B.; NIENCHESKI, L. F. H. **Manual de Análises de Oceanografia Química**. Rio Grande: Editora da FURG, 1996. 132p.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; POZZA, S. A. **Qualidade de Águas. Descrição de Parâmetros Químicos referidos na Legislação Ambiental**. Rio Grande: Editora da FURG, 2001. 166p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6ª ed. Viçosa-MG. UFV. 1995. 657p.

Biggs, T.W.; Dunne, T.; Martinelli, L.A. 2004. **Natural controls and human impacts on stream nutrient concentrations in a deforested region of the Brazilian Amazon basin**. Biogeochemistry, 68(2): 227-257

BOCKELMANN, B. N.; FENRICH, E. K.; LIN, B.; FALCONER, R. A. **Development of an ecohydraulics model for stream and river restoration**. Ecological Engineering 22, p. 227-235, 2004.

BOLLMAN, H.A. **Relação da densidade populacional sobre variáveis de qualidade físico-química das águas superficiais em microbacias hidrográficas urbanas sem cobertura sanitária em Porto Alegre - RS**. 145p. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, novembro 2003.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Evolução da Organização e Implementação da Gestão de bacias no Brasil**, 2002.

ANA. Agência Nacional das Águas. **O Planeta das Águas**. Disponível em: [http://www.caminhoaguas.org.br/internas/sala\\_planeta.html](http://www.caminhoaguas.org.br/internas/sala_planeta.html), acesso em 10/05/2010.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Panorama do Enquadramento dos Corpos d'Água do Brasil, e, Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília, 2007. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA%20DO%20ENQUADRAMENTO.pdf>, acesso em 11/05/2010.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Enquadramento**. Disponível em: [http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/PlanejamentoRH\\_enquadramento.aspx](http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/PlanejamentoRH_enquadramento.aspx), acesso em 11/05/2010

BRANDÃO, R. de L.; SOUZA, M.J.N. de. **Zoneamento Geoambiental da Região de Irauçuba-CE**. Fortaleza: CPRM, 2003. p. 5-50.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Levantamento dos Recursos Naturais. RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro, RJ, vol. folha, folha SD24-Salvador, 1981, 624p.

BRASIL. **Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003**. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional. Disponível em: [http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cnrh/32\\_2003\\_divisao\\_hidrografica\\_nacional.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cnrh/32_2003_divisao_hidrografica_nacional.pdf).

BRASIL. Programa de Desenvolvimento do Turismo Nordeste II - **PRODETUR NE-II PDITS – Salvador e Entorno 3.5. Aspectos Sócio-Ambientais**. Disponível em: [http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/prodetur/downloads/docs/3.5%20-%20aspectos%20s%C3%B3cio-ambientais%20\(pse\).pdf](http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/prodetur/downloads/docs/3.5%20-%20aspectos%20s%C3%B3cio-ambientais%20(pse).pdf)

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução n. 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências. Disponível em: <http://www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/R020.htm>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 430, de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://iqalaboratorios.com.br/wp-content/uploads/2011/05/res430-11-CONAMA-altera-res-3571.pdf>

BRASIL. **Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997**, Dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm).

CALIJURI, M.C.; BUBEL, A.P.M. Conceituação de Microbacias. In: LIMA, W de P.; ZAKIA, M.J.B. (Orgs.) **As florestas plantadas e a água**. Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos: Ed. RIMA, 2006.

CÂMARA G.; CASANOVA, M.; HEMERLY, A.; MAGALHÃES, G; MEDEIROS, C. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Instituto de Computação (UNICAMP), 1996.

CAMARGO, A.F.M.; FERREIRA, R.A.R.; SCHIAVETT, A.; BINI, L.M. (1996) **The influence of the physiography and human activities on the limnological characteristics of the lotic ecosystems of the south coast of São Paulo, Brazil**. Acta Limnol. Brasil,8: 231-243.

CARMOUZE, J. P. **O Metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. São Paulo - Editora Edgard Blücher – FAPESP. 1994. p.253

CARVALHO, R.A ; OLIVEIRA, M.C.V. **Princípios básicos de saneamento do meio**. São Paulo.3ªed.:editora SENAC.São Paulo, 2003.

CETESB. Companhia de de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em: [www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.#cadmio](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.#cadmio)>. Acesso: 05 de março de 2012

CHAPRA, S. C. **Surface water-quality modeling**. Boston: WCB – McGraw-Hill, 1997.

CORBETT, E.S.; SPENCER, W. **Effects of management practices on water quality and quantity: Baltimore, Maryland, Municipal Watersheds**. In: MUNICIPAL WATERSHED MANAGEMENT SYMPOSIUM, 1973. Proceedings. USDA Forest Service, General Technical Report NE-13, p.25-31, 1975.

CRIPPA, M.M. **Monitoramento estatístico da qualidade da água de sistemas de distribuição - MS**. 59p. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil, janeiro 2006.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Ângela Di Bernardo. (2005). **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Ed. Rima 2ª ed. São Carlos, SP. P. 1510 – 1535, 2005.

DONADIO, N.M.M.; GALBIATTI, J.A.; PAULA, R.C. de. **Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico**. São Paulo, Brasil. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, 2005.

EPA-Environmental Protection Agency. 1976. **Quality criteria for water**. Washington, EPA. 501 p

ESTEVES, F. **Fundamentos da liminologia**. Rio de Janeiro. Interciência.FINEP.1998. 574p.

FREITAS, B. N. **Urbanização em Feira de Santana: Influência da Industrialização 1970 – 1996**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1998.

GERMEN/UFBA-NIMA. **Baía de Todos os Santos. Diagnóstico sócio ambiental e subsídios para a gestão**. Salvador, 1997.

GOLDENFUM, J. A. **Pequenas Bacias Hidrológicas: Conceitos Básicos** in: Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Org.: Paiva, J. B. D. e Paiva E. M. C. D. Porto Alegre: ABRH, 2001. Cap 1.

GUEDES, M. L. S; GUEDES, J. S. **Bioestatística para Profissionais de Saúde**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico; Brasília: CNPQ, 1988.

GUERRA. A. T. **Dicionário Geológico – Geomorfológico**. Rio de Janeiro, 1978.

HAIR, Joseph F. Jr. **Multivariate Data Analysis**. 4ª Edição. Londres: Prentice-Hall International (UK) Limited, 1995.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2ª Edição. 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Uso da Terra**. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/default>. Acesso em Julho de 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: resultados da Sinopse por setor censitário**. Rio de Janeiro, 2011.

ISSAC–MARQUEZ, A. P.; LEZAMA–DAVILA, C. M.; KU–PECH, R. P.; TAMAY– SEGOVIA, P. **Calidad sanitaria de los suministros de água para consumo humano em Campeche**. Salud Publica, Cidade de México, v.36, n.6, p.55–61, 1994.

Köppen, W. 1948. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Econômica. México. 479p.

LIMA, CP. **Avaliação da qualidade da água do aquífero subterrâneo do entorno do Centro Industrial do Subaé – Feira de Santana – BA**. Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana. Brasil, 2009.

LIMA, E.B.N.R. **Modelação Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do rio Cuiabá**. 184p. (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, novembro 2001.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura**. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v. 3, n. 4, out./dez. 2002.

Meybeck, M. e Helmer. R. An introduction to water quality. In: CHAPMAN, D. (Ed.) **Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. London: Chapman and Hall, 1992. cap.1, p.1-17.

MIZGALEWICZ, P.J & MAIDMENT, D.R. **Modeling Agrichemical Transport in idwest Rivers Using Geographic Information Systems**. CRWR, Online Report 96-6, Center for Research in Water Resources, University of Texas, Austin, 1996. Acessível em: <http://www.cnwr.utexas.edu/online.html>, consulta em Junho 2010.

MOITA, R.; CUDO, K. **Aspectos gerais da qualidade da água no Brasil**. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO

HUMANO E SAÚDE NO BRASIL, 1991, Brasília. Anais... Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria do Meio Ambiente, 1991. p.1-6.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2ª ed. – Rio de Janeiro: ABES, 1995.

NEMESIS. Núcleo de Estudos e Modelos Espaciais Sistêmicos. **Análises espaciais em nível de setores censitários**. Disponível em: <http://www.nemesis.org.br/sec-est.php?s=240&i=pt>. Acesso em setembro de 2011.

OGERA, R.C. **Remoção de nitrogênio no esgoto sanitário pelo processo de lodo ativado por batelada**. UNICAMP. Campinas. São Paulo. 1995 (Dissertação de Mestrado).

PEREIRA, V.P. **Solo: manejo e controle de erosão hídrica**. Jaboticabal: FCAV, 1997. 56 p.

QUEIROZ, M. M. F. de; Iost, C.; Gomes, S. D.; Vilas Boas, M. A. 2010. **Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural** Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil) v.5, n.4, p. 200 – 210.

SANTOS, R. L; ANDRADE, H. O. de. **Avaliação quantitativa do conforto térmico de uma cidade em área de transição climática: Feira de Santana-Ba, Brasil**. Revista de Geografia Norte Grande (Santiago-Chile), v.40, p. 77-84, 2008.

SEAGRI. Secretaria de Agricultura. Diretoria de Desenvolvimento Florestal – DDF. **Mapeamento de Cobertura Florestal e Uso da Terra**, escala 1:100.000, 1998. Disponível em: <http://geobahia.inema.ba.gov.br/geobahia3/interface.htm?c943d2c8a012c58217cdd3f7ece87063#>

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Resolução CONERH N° 43 de 02 de março de 2009**. Institui a Divisão Hidrográfica Estadual em Regiões de Planejamento e Gestão das Águas. Disponível em: <http://www.meioambiente.ba.gov.br/legislacao/RESOLUCAOCONERH/RESOLUCAO%20CONERH%2043.pdf>

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Resolução CONERH N° 80 de 25 de agosto de 2011**. Altera a Resolução n° 43, que institui Divisão Hidrográfica Estadual em Regiões de Planejamento e Gestão das Águas. Disponível em: <http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/RESOLU%C3%87%C3%83O%20N%C2%BA%2080%20DE%2025%20DE%20AGOSTO%20DE%202011.pdf>

SICM. Secretaria de Industria, Comercio e Mineração. **Centro Industrial do Subaé cresce e define novas áreas.** Disponível em: <http://www.cis.ba.gov.br/noticias-34.html>. Acesso em 10 de janeiro de 2012.

SILVA, A. M., **Princípios Básicos de Hidrologia.** Lavras: UFLA – Departamento de Engenharia, 1995.

SILVA, A. de. **Sistemas de Informações Geográficas: conceitos e fundamentos.** Campinas: Editora da Unicamp, 1999. 236 p.

SILVA, J. Xavier da. **Geoprocessamento para análise ambiental.** Rio de Janeiro: Edição do Autor, 2001.

SOUZA, S. **Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas potenciais à degradação da qualidade da água - BH.** 47p. Trabalho (Especialização em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, novembro 2008.

SRH. Superintendência de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH)** de 2004. Disponível em: [http://www.inga.ba.gov.br/modules/pico/index.php?content\\_id=32](http://www.inga.ba.gov.br/modules/pico/index.php?content_id=32)

SUGIMOTO, S.; NAKAMURA, F.; ITO. A. **Heat budget and statistical analysis of the relationship between stream temperature and riparian forest in the Toikanbetsu river basin, Northern Japan.** Journal of Forest Research, Ottawa, v.2, n.2, p.103-7, 1997.

SWIFT JR., L.M.; MESSER, J.B. **Forest cuttings raise temperatures of small streams in the southern Appalachians.** Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, v.26, n.23, p.111-17, 1971.

TEIXEIRA, Wilson. [et. al]. **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance.** Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos.** Porto Alegre: Editora da Universidade. UFRGS, 1998, 669p.

TUCCI, Carlos E. M. **Modelos Hidrológicos.** Associação Brasileira de Recursos Hídricos/ABRH. 2ª Ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2005.

TUNDISI, J.G. **Limnologia do século XXI: perspectivas e desafios.** São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, IIE, 1999.

VAZHEMIN, I.G. **Chemical composition of natural waters in the VYG river basin in relation to the soil of Central Karelia.** Soviet Soil Science, Silver Spring, v.4, n.1, p.90-101, 1972.

VENTICINQUE E. M.; CARNEIRO J. S; MOREIRA M. P; FERREIRA L. **Uso de Regressão Logística para Espacialização de Probabilidade**. Revista Megadiversidade. V. 3, n. 1-3, Dez, 2007.

VILAS BOAS, A. **Desleixo e Desinformação: Barreiras a serem superadas quando do estabelecimento de processos educativos baseados na problemática ambiental**. Fórum ambiental da alta paulista. Periódico Eletrônico. V. 3, 2007.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. DESA-UFMG.1996.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (Universidade Federal de Minas Gerais), 2005.

VON SPERLING, M. **Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (Universidade Federal de Minas Gerais), 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Guidelines for drinking-water quality**. 2th ed. Geneva, 1996. v, 02, 94p. Disponível em: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/en/2edvol2p1.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/2edvol2p1.pdf). Acesso em: janeiro de 2012.

XAVIER, Christiane da F. **Avaliação da Influência do Uso e Ocupação do Solo e de Características Geomofológicas Sobre a Qualidade das Águas de Dois Reservatórios da Região Metropolitana de Curitiba – Paraná**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos/ABRH. 2ª Ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2005.

ANEXOS

## Anexos

- 1) Quadro dos resultados de análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos *in situ* e em laboratório da **primeira** campanha de monitoramento – Setembro/2010.

PARAMETRO/ CODIGO	PH	Turbidez (UNT)	Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	OD ( $\text{mg L}^{-1} \text{O}_2$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	DBO5 ( $\text{mg L}^{-1} \text{O}_2$ )	Fosfato ( $\text{mg L}^{-1} \text{PO}_4$ )	Nitrato ( $\text{mg L}^{-1} \text{N}$ )	Sólidos T ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Coliformes T (NMP/100 ml)	Coliformes F (NMP/100 ml)
LSU-A1	7,55	7,59	1386	---	27,7	14	0	0	392	> 23,00	23
LSU-A2	6,91	10,28	546	6,1	24,6	35	2,2	0	350	> 23,00	>23
LSU-B1	8,1	24,4	238	---	31,6	10	0	0	148	> 23,00	16,1
LSU-B3	7,66		301	---	32,7						
LSU-B4	6,85		2720	0,3	28,3						
LSA-C1		7,47	3880	---	---	13	0,9	0	1290	> 23,00	3,6
LSA-C2		3,98	3480	---	---	11	0,3	0	1216	> 23,00	2,2
NPS-D1	8,78	86	1534	0,4	27,9	120	92	0	338	2,40E+07	2,70E+06
NPS-D3		409	968	2,8	26,3	0	51	0	568	5,00E+07	8,00E+06
CONAMA 357/05	6 - 9	40	(*)100	> 5	---	5	---	10	500		

Legenda: Os valores em amarelo indicam violação ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces, classe 2  
 Fonte: Monitoramento Qualidade da água pelo projeto Subaé em Setembro de 2010

2) Quadro dos resultados de análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos *in situ* e em laboratório da **segunda** campanha de monitoramento – Dezembro/2010.

PARAMETRO/ CODIGO	pH	Turbidez (UNT)	Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	OD (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	Temperatura (°C)	DBO5 (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	Fosfato (mg L <sup>-1</sup> PO <sub>4</sub> )	Nitrato (mg L <sup>-1</sup> N)	Solidos T (mg L <sup>-1</sup> )	Coliformes T (NMP/100 ml)	Coliformes F (NMP/100 ml)
LSU-A1	7,42	254	1700	6,6	31,6	0	0	0	736	> 23,00	> 23,00
LSU-A2	7,75	19,57	700	6	27,2	5	1,2	0	694	> 23,00	> 23,00
LSU-B1	7,9	120	500	---	33,8	4	0	0	592	> 23,00	> 23,00
LSU-B2	7,87	4,96	500	---	31,8	10	0	0	572	> 23,00	> 23,00
LSU-B3	7,95	3,9	500	---	31,5	12	0,35	0	586	> 23,00	> 23,00
LSU-B4	8,19	7,39	500	---	30,2	10	0	0	602	> 23,00	> 23,00
LSA-C1	9,32	3,26	7500	5,5	29,1	8	0	0	580	> 23,00	3,6
LSA-C2	9,82	5,44	4700	4,1	30	0	0	0	530	> 23,00	9,2
LSA-C3	9	1,94	7000	5,2	30,1	8	0	0	540	> 23,00	5,1
LSA-C4	9,8	3,49	5100	3,5	31	6	0	0	590	> 23,00	> 23,00
LSA-C5	8,29	6,52	1200	3,1	30,6	6	0	0	556	> 23,00	12
LSA-C6	7,83	4,11	5700	2,2	33,1	12	0	0	622	> 23,00	> 23,00
NPS-D1	8,2	59	1000	0,9	28,7	120	35	0	592	> 1,6E7	> 1,6E7
NPS-D3	7,46	80	1000	0,6	32	80	11	0	596	> 1,6E7	> 1,6E7
CONAMA 357/05	6 - 9	40	(*)100	> 5	---	5	---	10	500		

Legenda: Os valores em amarelo indicam violação ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces, classe 2

Fonte: Monitoramento Qualidade da água pelo projeto Subaé em Dezembro de 2010

3) Quadro dos resultados de análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos *in situ* e em laboratório da **terceira** campanha de monitoramento – Março/2011.

PARAMETRO/ CODIGO	pH	Turbidez (UNT)	Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	OD ( $\text{mg L}^{-1}$ $\text{O}_2$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	DBO5 ( $\text{mg L}^{-1}$ $\text{O}_2$ )	Fosfato ( $\text{mg L}^{-1}$ $\text{PO}_4$ )	Nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ N)	Solidos T ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Coliformes T (NMP/100 ml)	Coliformes F (NMP/100 ml)
LSU-A1	6,1	3,28	676	11,6	25,3	14	0	0	434	>23	>23
LSU-A2	5,28	32,82	460	5,8	29,2	16	0	0	2078	>1,6E4	>1,3E3
LSU-B1	6,16	1,88	216	---	32	2	0	0	394	>23	16,1
LSU-B2	6	0,89	553	13,2	33,5	0	0	0	394	>1,6E4	20
LSU-B3	5,85	77,63	596	1,6	28	8	0	0	438	>1,6E4	40
LSU-B4	6,05	5,71	527	---	31	0	0	0	512	>23	>23
LSA-C1	6,15	0,88	4300	---	27,2	28	0	0	2574	>23	5,1
LSA-C2	6,22	1,87	450	7,8	27,1	32	0	0	2372	>23	5,1
LSA-C3	6,31	1,73	6100	11,6	28	30	0	0	3400	>23	9,2
LSA-C4	6,33	2,6	1400	---	27,7	30	0	0	618	>23	9,2
LSA-C5	6,38	4,6	1400	11,1	27,7	28	0	0	638	>23	>23
LSA-C6	6,18	1,87	3900	10,6	31,2	28	0	0	572	>23	6,9
NPS-D1	6,31	0,89	1595	1,8	28,1	260	68	0	520	1,70E+08	1,70E+07
NPS-D3	5,97	0,88	1233	2,4	28,2	220	68	0	368	2,40E+08	8,00E+07
CONAMA 357/05	6 - 9	40	(*)100	> 5	---	5	---	10	500		

Legenda: Os valores em amarelo indicam violação ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces, classe 2  
Fonte: Monitoramento Qualidade da água pelo projeto Subaé em Março de 2011.

4) Quadro dos resultados de análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos in situ e em laboratório da quarta campanha de monitoramento – Agosto/2011.

PARAMETRO/ CODIGO	pH	Turbidez (UNT)	Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	OD (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	Temperatura (°C)	DBO5 (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	Fosfato (mg L <sup>-1</sup> PO <sub>4</sub> )	Nitrato (mg L <sup>-1</sup> N)	Solidos T (mg L <sup>-1</sup> )	Coliformes T (NMP/100 ml)	Coliformes F (NMP/100 ml)
LSU-A1	5,91	9,81	551	11,3	25,2	18	0,2	0	450	>1,6x10 <sup>4</sup>	>40
LSU-A2	5,93	8,65	602	5,8	21,8	14	0,2	0	7088	>1,6x10 <sup>4</sup>	70
LSU-B1	6,16	1,81	557	4,8	26,4	0	0,2	0	442	≥1,6x10 <sup>4</sup>	1,7x10 <sup>2</sup>
LSU-B2	6,14	460	790	5,8	31,0	16	0,2	0	3944	≥1,6x10 <sup>4</sup>	1,7x10 <sup>3</sup>
LSU-B3	5,72	10,59	1804	3,2	29,7	12	0	0	1880	≥1,6x10 <sup>4</sup>	≥1,6x10 <sup>4</sup>
LSU-B4	6,12	115	294	3,8	29,5	9	0,2	0	736	≥1,6x10 <sup>4</sup>	40
LSA-C1	5,73	4,68	5,2	9,8	6,7	8	0,2	0	6208	≥23	0
LSA-C2	6,45	4,81	6,5	7,9	29,7	10	0,2	0	3522	≥23	≥23
LSA-C3	6,39	9,80	10,9	11,0	27,1	8	0	0	6758	≥23	0
LSA-C4	6,82	21,82	2,4	8,4	31,5	8	0,2	0	1716	≥1,6x10 <sup>4</sup>	40
LSA-C5	6,59	1,85	6,8	2,2	27,0	12	0,2	0	3146	≥23	3,6
LSA-C6	6,46	31,86	5,2	7,3	29,6	8	0,2	0	2540	≥23	3,6
NPS-D1	6,25	0,87	1263	1,8	25,2	180	36	0	656	3x10 <sup>8</sup>	1,4x10 <sup>7</sup>
NPS-D3	5,86	0,69	1103	2,7	25,6	120	24	0	620	5x10 <sup>8</sup>	1,3x10 <sup>7</sup>
CONAMA 357/05	6 - 9	40	(*)100	> 5	---	5	---	10	500		

Legenda: Os valores em amarelo indicam violação ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces, classe 2

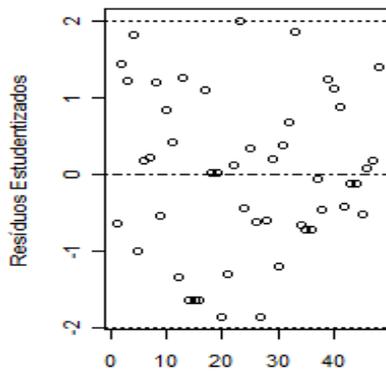
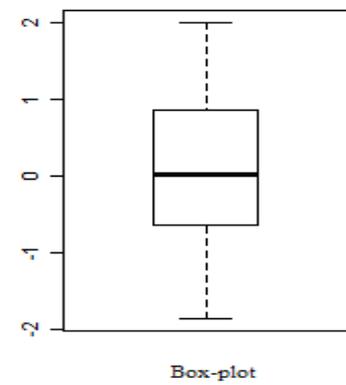
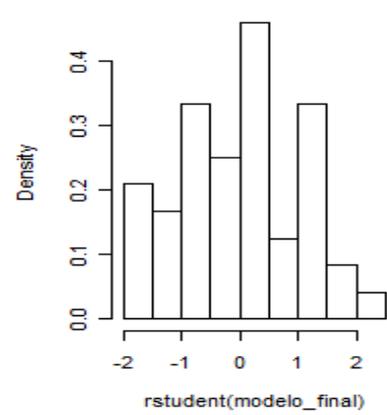
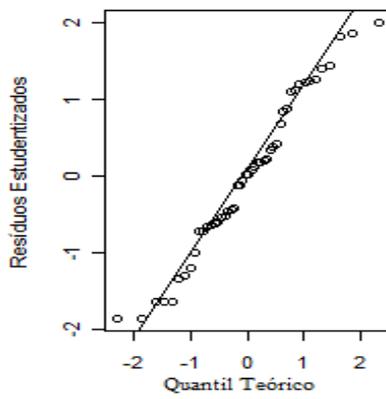
Fonte: Monitoramento Qualidade da água pelo projeto Subaé em Agosto de 2011.

5) Quadro dos resultados de análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos in situ e em laboratório da quinta campanha de monitoramento – Novembro/2011.

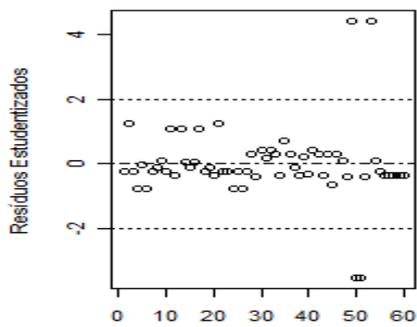
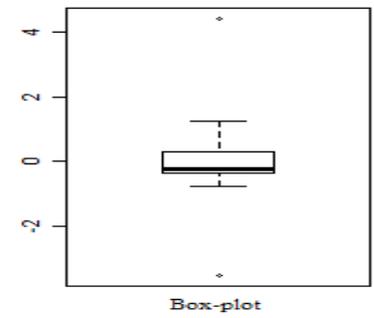
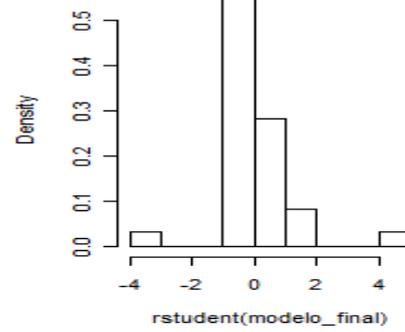
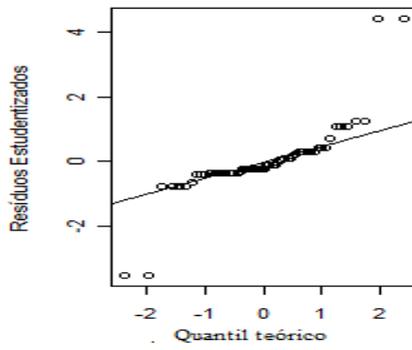
PARAMETRO/ CODIGO	pH	Turbidez (UNT)	Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	OD ( $\text{mg L}^{-1}$ $\text{O}_2$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	DBO5 ( $\text{mg L}^{-1}$ $\text{O}_2$ )	Fosfato ( $\text{mg L}^{-1}$ $\text{PO}_4$ )	Nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ N)	Solidos T ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Coliformes T (NMP/100 ml)	Coliformes F (NMP/100 ml)
LSU-A1	5,98	8,81	677	10,6	23,7	0	0,4	3	450	>1,6x10 <sup>4</sup>	1,1x10 <sup>2</sup>
LSU-A2	5,93	5,9	858	7,8	25,2	4	0,2	3	456	$\geq 1,6 \times 10^4$	2x10
LSU-B1	5,97	94,99	198	7,6	29,1	0	0,2	0	290	5,0 x 10 <sup>2</sup>	8 x 10
LSU-B2	5,75	90,81	498	8,3	29,7	0	0,4	0	450	>23	0
LSU-B3	6,07	8,84	514	7,6	33,3	0	0,2	0	272	2,4 x 10 <sup>3</sup>	7 x 10
LSU-B4	6,02	8,86	4,93	8,4	35,2	0	0,2	0	244	3 x 10 <sup>3</sup>	4 x 10
LSA-C1	5,68	9,86	3,6	8,5	33,7	0	0,2	0	1822	>23	3,6
LSA-C2	5,95	4,6	3,6	10,9	30,8	8	0,2	0	1774	>23	2,2
LSA-C3	5,98	0,85	4,3	12,7	30,2	0	0,2	0	2300	>23	>23
LSA-C4	6,18	7,45	3,4	9,3	29,8	0	0,2	0	1990	$\geq 1,6 \times 10^4$	8,0 x 10
LSA-C5	6,59	389	6,8	2,2	27,0	10	2,4	0	2096	3,0 x 10 <sup>3</sup>	9,0 x 10
LSA-C6	6,46	157	5,2	7,3	29,6	10	2,4	0	1614	>23	12
NPS-D1	5,93	26,84	897	11,7	26,8	80	12	0	432	9 x10 <sup>8</sup>	1,1x10 <sup>7</sup>
NPS-D3	5,7	0,76	967	6,3	27,0	180	24	0	364	5x10 <sup>7</sup>	3 x10 <sup>7</sup>
CONAMA 357/05	6 - 9	40	(*)100	> 5	---	5	---	10	500		

Legenda: Os valores em amarelo indicam violação ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces, classe 2  
Fonte: Monitoramento Qualidade da água pelo projeto Subaé em Novembro de 2011.

6) Gráfico dos resíduos do modelo de regressão linear múltiplo das concentrações de oxigênio dissolvido (OD)



7) Gráfico dos resíduos do modelo de regressão linear múltiplo da variável DBO.

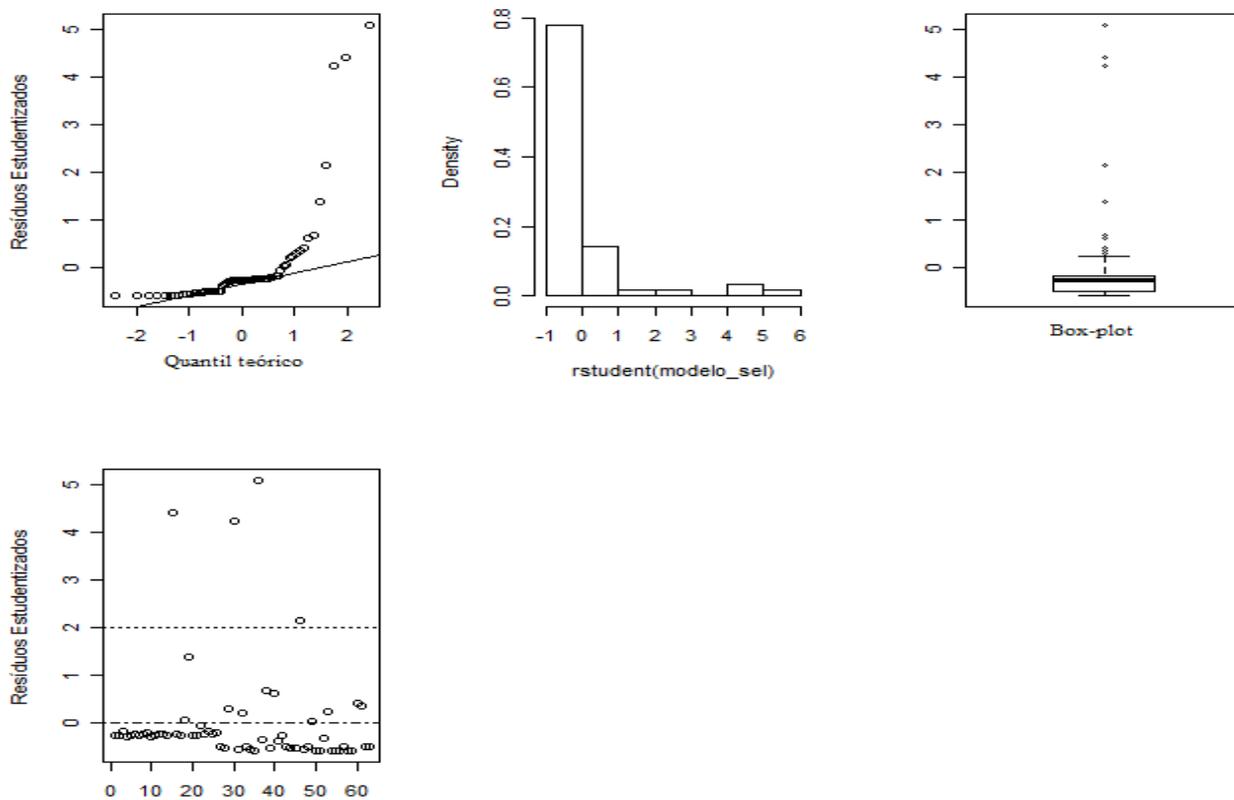


## 8) Tabela do Modelo de Regressão Linear Múltiplo da Variável Turbidez

	<b>Coefficientes</b>	<b>Estimativa</b>	<b>P-valor</b>
Intecepto	$\beta_0$	55,76	0,008*
Solo tipo Feira de Santana	$\beta_1$	-29,10	0,2398

ANOVA (p-valor= 0,2398), R2 ajustado= 0,0065, \*p-valor<0,05

## 9) Gráfico dos resíduos do modelo de regressão linear múltiplo da variável Turbidez.



10) Comandos usados no Programa R para gerar as estatísticas.

Comandos das análises da regressão linear múltipla da variável OD

```
Dados=read.table("Dados OD.txt", h=F)
names(Dados)=c("OD","VEG","SOLO","USO","ALT","DEC","POP")
attach(Dados)

Dados

boxplot(OD)

multipla1=lm(OD~factor(VEG)+factor(SOLO)+factor(USO)+factor(ALT)+factor(
DEC)+factor(POP),data=Dados)

summary(multipla1)

cor(Dados)

step(multipla1,direction="backward", trace=TRUE)

modelo_sel=lm(OD~factor(ALT)+factor(DEC),data=Dados)

summary(modelo_sel)

anova(modelo_sel)

par(mfrow=c(2,3))

qqnorm(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")

qqline(rstudent(modelo_sel))

hist(rstudent(modelo_sel),prob="T",main="")

boxplot(rstudent(modelo_sel))

plot(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")

abline(h=0,lty=4)

abline(h=-2,lty=3)

abline(h=2,lty=3)

cook = cooks.distance(modelo_sel)

plot(cook,ylab="Cooks Distances")

identify(1:nrow(x),cook)
```

```
lm1=influence.measures(modelo_sel)

lm1

which(apply(lm1$is.inf,1,any))

summary(lm1)

#Retiradas de pontos influentes

Dados2=Dados[-(which(apply(lm1$is.inf,1,any))),]

Dados2

modelo_final=lm(OD~factor(ALT)+factor(DEC),data=Dados2)

summary(modelo_final)

par(mfrow=c(2,3))

qqnorm(rstudent(modelo_final),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")

qqline(rstudent(modelo_final))

hist(rstudent(modelo_final),prob="T",main="")

boxplot(rstudent(modelo_final))

plot(rstudent(modelo_final),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")

abline(h=0,lty=4)

abline(h=-2,lty=3)

abline(h=2,lty=3)

plot(rstudent(modelo_final))

shapiro.test(rstudent(modelo_final))

library(lmtest)

bptest(OD~factor(ALT)+factor(DEC), data=Dados)

dwtest(OD~factor(ALT)+factor(DEC), data=Dados2)
```

Comandos das análises da regressão múltipla da variável DBO

```
Dados=read.table("Dados DBO.txt", h=F)
names(Dados)=c("DBO","VEG","SOLO","USO","ALT","DEC","POP")
attach(Dados)

Dados

boxplot(DBO)

multipla1=lm(DBO~factor(VEG)+factor(SOLO)+factor(USO)+factor(ALT)+factor
(DEC)+factor(POP),data=Dados)

summary(multipla1)

cor(Dados)

step(multipla1,direction="backward", trace=TRUE)

modelo_sel=lm(DBO~factor(SOLO)+factor(ALT),Data=Dados)

summary(modelo_sel)

anova(modelo_sel)

par(mfrow=c(2,3))

qqnorm(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")

qqline(rstudent(modelo_sel))

hist(rstudent(modelo_sel),prob="T",main="")

boxplot(rstudent(modelo_sel))

plot(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")

abline(h=0,lty=4)

abline(h=-2,lty=3)

abline(h=2,lty=3)

cook = cooks.distance(modelo_sel)

plot(cook,ylab="Cooks Distances")

identify(1:nrow(x),cook)

lm1=influence.measures(modelo_sel)

lm1
```

```
which(apply(lm1$is.inf,1,any))
summary(lm1)

#Retiradas de pontos influentes
Dados2=Dados[-(which(apply(lm1$is.inf,1,any))),]
Dados2
modelo_final=lm(DBO~factor(SOLO)+factor(ALT),data=Dados2)
summary(modelo_final)
par(mfrow=c(2,3))
qqnorm(rstudent(modelo_final),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
qqline(rstudent(modelo_final))
hist(rstudent(modelo_final),prob="T",main="")
boxplot(rstudent(modelo_final))
plot(rstudent(modelo_final),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
abline(h=0,lty=4)
abline(h=-2,lty=3)
abline(h=2,lty=3)
plot(rstudent(modelo_final))
shapiro.test(rstudent(modelo_final))
library(lmtest)
bptest(DBO~factor(ALT)+factor(SOLO), data=Dados2)
dwtest(DBO~factor(ALT)+factor(SOLO), data=Dados2)
```

Comandos das análises da regressão múltipla da variável Turbidez

```
Dados=read.table("Dados TURB.txt", h=F)
```

```
names(Dados)=c("TURB","VEG","SOLO","USO","ALT","DEC","POP")
attach(Dados)
Dados
boxplot(TURB)
multipla1=lm(TURB~factor(VEG)+factor(SOLO)+factor(USO)+factor(ALT)+factor(DEC)+factor(POP),data=Dados)
summary(multipla1)
cor(Dados)
step(multipla1,direction="backward", trace=TRUE)
modelo_sel=lm(TURB~factor(SOLO),Data=Dados)
summary(modelo_sel)
anova(modelo_sel)
par(mfrow=c(2,3))
qqnorm(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
qqline(rstudent(modelo_sel))
hist(rstudent(modelo_sel),prob="T",main="")
boxplot(rstudent(modelo_sel))
plot(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
abline(h=0,lty=4)
abline(h=-2,lty=3)
abline(h=2,lty=3)
```

Comandos das análises da regressão linear simples da variável OD com as variáveis preditoras

selecionadas estatisticamente

Testando a variavel ALT

```
Dados=read.table("Dados DBO.txt", h=F)
names(Dados)=c("DBO","VEG","SOLO","USO","ALT","DEC","POP")
attach(Dados)

Dados

modelo_sel=lm(OD~factor(ALT),data=Dados)
summary(modelo_sel)
anova(modelo_sel)
par(mfrow=c(2,3))
qqnorm(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
qqline(rstudent(modelo_sel))
hist(rstudent(modelo_sel),prob="T",main="")
boxplot(rstudent(modelo_sel))
plot(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
abline(h=0,lty=4)
abline(h=-2,lty=3)
abline(h=2,lty=3)
plot(rstudent(modelo_sel))
cook = cooks.distance(modelo_sel)
plot(cook,ylab="Cooks Distances")
identify(1:nrow(x),cook)

lm1=influence.measures(modelo_sel)
lm1
which(apply(lm1$is.inf,1,any))
summary(lm1)

#Retiradas de pontos influentes
Dados2=Dados[-(which(apply(lm1$is.inf,1,any))),]
```

Dados2

```
modelo_final=lm(OD~factor(ALT),data=Dados2)
summary(modelo_final)
par(mfrow=c(2,3))
qqnorm(rstudent(modelo_final),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
qqline(rstudent(modelo_final))
hist(rstudent(modelo_final),prob="T",main="")
boxplot(rstudent(modelo_final))
plot(rstudent(modelo_final),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
abline(h=0,lty=4)
abline(h=-2,lty=3)
abline(h=2,lty=3)
plot(rstudent(modelo_final))
shapiro.test(rstudent(modelo_final))
library(lmtest)
bptest(OD~factor(ALT), data=Dados)
anova(modelo1,mfac1)
dwtest(OD~factor(ALT), data=Dados2)
```

Testando a variavel DEC

```
modelo_sel=lm(OD~factor(DEC),data=Dados)
summary(modelo_sel)
anova(modelo_sel)
par(mfrow=c(2,3))
qqnorm(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
qqline(rstudent(modelo_sel))
```

```
hist(rstudent(modelo_sel),prob="T",main="")
boxplot(rstudent(modelo_sel))
plot(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
abline(h=0,lty=4)
abline(h=-2,lty=3)
abline(h=2,lty=3)
plot(rstudent(modelo_sel))
cook = cooks.distance(modelo_sel)
plot(cook,ylab="Cooks Distances")
identify(1:nrow(x),cook)
lm1=influence.measures(modelo_sel)
lm1
which(apply(lm1$inf,1,any))
summary(lm1)

#Retiradas de pontos influentes
Dados2=Dados[-(which(apply(lm1$inf,1,any))),]
Dados2
modelo_final=lm(OD~factor(DEC),data=Dados2)
summary(modelo_final)
par(mfrow=c(2,3))
qqnorm(rstudent(modelo_final),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
qqline(rstudent(modelo_final))
hist(rstudent(modelo_final),prob="T",main="")
boxplot(rstudent(modelo_final))
plot(rstudent(modelo_final),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
abline(h=0,lty=4)
```

```
abline(h=-2,lty=3)
abline(h=2,lty=3)
plot(rstudent(modelo_final))
shapiro.test(rstudent(modelo_final))
library(lmtest)
bptest(OD~factor(DEC), data=Dados)
anova(modelo1,mfac1)
dwtest(OD~factor(DEC), data=Dados2)
shapiro.test(rstudent(modelo_final))
library(lmtest)
bptest(DBO~factor(USO), data=Dados)
mfac1=lm(DBO ~ factor(USO),data=Dados2)
modelo1=lm(DBO~factor(USO),data=Dados2)
anova(modelo1,mfac1)
dwtest(DBO~factor(USO), data=Dados2)
```

Testando a variavel ALT

```
modelo_sel=lm(DBO~factor(ALT),data=Dados)
summary(modelo_sel)
anova(modelo_sel)
par(mfrow=c(2,3))
qqnorm(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
qqline(rstudent(modelo_sel))
hist(rstudent(modelo_sel),prob="T",main="")
boxplot(rstudent(modelo_sel))
plot(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
```

```
abline(h=0,lty=4)
abline(h=-2,lty=3)
abline(h=2,lty=3)
plot(rstudent(modelo_sel))
par(mfrow=c(1,2))
x=model.matrix(modelo_sel)
lev=hat(x)
plot(lev,ylab="Leverages",main="Index Plot of Leverages")
abline(h=2*ncol(x)/nrow(x))
identify(1:nrow(x),lev)
cook = cooks.distance(modelo_sel)
plot(cook,ylab="Cooks Distances")
identify(1:nrow(x),cook)
lm1=influence.measures(modelo_sel)
lm1
which(apply(lm1$is.inf,1,any))
summary(lm1)
library(faraway)
xx=x[,-1]
vif=vif(xx)
vif
#Retiradas de pontos influentes
Dados2=Dados[-(which(apply(lm1$is.inf,1,any))),]
Dados2
modelo_final=lm(DBO~factor(ALT),data=Dados2)
summary(modelo_final)
par(mfrow=c(2,3))
```

```

qqnorm(rstudent(modelo_final),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
qqline(rstudent(modelo_final))
hist(rstudent(modelo_final),prob="T",main="")
boxplot(rstudent(modelo_final))
plot(rstudent(modelo_final),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
abline(h=0,lty=4)
abline(h=-2,lty=3)
abline(h=2,lty=3)
plot(rstudent(modelo_final))
shapiro.test(rstudent(modelo_final))
library(lmtest)
bptest(DBO~factor(ALT), data=Dados)
mfac1=lm(DBO ~ factor(ALT),data=Dados2)
modelo1=lm(DBO~factor(ALT),data=Dados2)
anova(modelo1,mfac1)
dwtest(DBO~factor(ALT), data=Dados2)

```

Testando a variavel DEC

```

modelo_sel=lm(DBO~factor(DEC),data=Dados)
summary(modelo_sel)
anova(modelo_sel)
par(mfrow=c(2,3))
qqnorm(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
qqline(rstudent(modelo_sel))
hist(rstudent(modelo_sel),prob="T",main="")
boxplot(rstudent(modelo_sel))
plot(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
abline(h=0,lty=4)
abline(h=-2,lty=3)
abline(h=2,lty=3)
plot(rstudent(modelo_sel))
par(mfrow=c(1,2))
x=model.matrix(modelo_sel)
lev=hat(x)
plot(lev,ylab="Leverages",main="Index Plot of Leverages")
abline(h=2*ncol(x)/nrow(x))
identify(1:nrow(x),lev)
cook = cooks.distance(modelo_sel)
plot(cook,ylab="Cooks Distances")
identify(1:nrow(x),cook)
lm1=influence.measures(modelo_sel)
lm1
which(apply(lm1$is.inf,1,any))
summary(lm1)
library(faraway)
xx=x[,-1]
vif=vif(xx)
vif
#Retiradas de pontos influentes

```

```

Dados2=Dados[-(which(apply(lm1$is.inf,1,any))),]
Dados2
modelo_final=lm(DBO~factor(DEC),data=Dados2)
summary(modelo_final)
par(mfrow=c(2,3))
qqnorm(rstudent(modelo_final),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
qqline(rstudent(modelo_final))
hist(rstudent(modelo_final),prob="T",main="")
boxplot(rstudent(modelo_final))
plot(rstudent(modelo_final),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
abline(h=0,lty=4)
abline(h=-2,lty=3)
abline(h=2,lty=3)
plot(rstudent(modelo_final))
shapiro.test(rstudent(modelo_final))
library(lmtest)
bptest(DBO~factor(DEC), data=Dados)
mfac1=lm(DBO ~ factor(DEC),data=Dados2)
modelo1=lm(DBO~factor(DEC),data=Dados2)
anova(modelo1,mfac1)
dwtest(DBO~factor(DEC), data=Dados2)

```

Testando a variavel POP

```

modelo_sel=lm(DBO~factor(POP),data=Dados)
summary(modelo_sel)
anova(modelo_sel)
par(mfrow=c(2,3))
qqnorm(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
qqline(rstudent(modelo_sel))
hist(rstudent(modelo_sel),prob="T",main="")
boxplot(rstudent(modelo_sel))
plot(rstudent(modelo_sel),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
abline(h=0,lty=4)
abline(h=-2,lty=3)
abline(h=2,lty=3)
plot(rstudent(modelo_sel))
par(mfrow=c(1,2))
x=model.matrix(modelo_sel)
lev=hat(x)
plot(lev,ylab="Leverages",main="Index Plot of Leverages")
abline(h=2*ncol(x)/nrow(x))
identify(1:nrow(x),lev)
cook = cooks.distance(modelo_sel)
plot(cook,ylab="Cooks Distances")
identify(1:nrow(x),cook)
lm1=influence.measures(modelo_sel)
lm1
which(apply(lm1$is.inf,1,any))
summary(lm1)

```

```
library(faraway)
xx=x[,-1]
vif=vif(xx)
vif
#Retiradas de pontos influentes
Dados2=Dados[-(which(apply(lm1$is.inf,1,any))),]
Dados2
modelo_final=lm(DBO~factor(POP),data=Dados2)
summary(modelo_final)
par(mfrow=c(2,3))
qqnorm(rstudent(modelo_final),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
qqline(rstudent(modelo_final))
hist(rstudent(modelo_final),prob="T",main="")
boxplot(rstudent(modelo_final))
plot(rstudent(modelo_final),ylab="Resíduos Estudentizados",main="")
abline(h=0,lty=4)
abline(h=-2,lty=3)
abline(h=2,lty=3)
plot(rstudent(modelo_final))
shapiro.test(rstudent(modelo_final))
library(lmtest)
bptest(DBO~factor(POP), data=Dados)
mfac1=lm(DBO ~ factor(POP),data=Dados2)
modelo1=lm(DBO~factor(POP),data=Dados2)
anova(modelo1,mfac1)
dwtest(DBO~factor(POP), data=Dados2)
```