

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGRONEGÓCIO**

CARLA THAINÁ DUARTE

**ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO LAVAPÉS, LOCALIZADO
NO MUNICÍPIO DE BOTUCATU-SP, PARA UM PROJETO DE IRRIGAÇÃO
LOCALIZADA POR GOTEJAMENTO.**

Botucatu – SP
Dezembro – 2011

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGRONEGÓCIO**

CARLA THAINÁ DUARTE

**ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO LAVAPÉS, LOCALIZADO
NO MUNICÍPIO DE BOTUCATU-SP, PARA UM PROJETO DE IRRIGAÇÃO
LOCALIZADA POR GOTEJAMENTO.**

Orientador: Prof. Dr. Ieoshua Katz

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
FATEC – Faculdade de Tecnologia de
Botucatu, para obtenção do título de
Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia
em Agronegócios.

Botucatu – SP
Dezembro – 2011

Ofereço a minha amada família

*Dedico a minha querida mãe:
A Flor mais bela do meu jardim*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me iluminado, dado forças, saúde e sabedoria para concluir esta etapa em minha vida.

Agradeço aos meus amados pais Carlos e Floripes por sempre me apoiarem nos estudos, incentivarem e acreditarem no meu potencial.

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Ieoshua Katz pelo apoio, atenção, paciência e simpatia presentes em todos os nossos encontros para elaboração do presente trabalho.

Agradeço ao Professor Dr. Raimundo Leite Cruz e ao Professor Dr. Ulisses Rocha Antuniassi da FCA/UNESP – Botucatu por terem permitido que as análises das amostras de água fossem realizadas no laboratório de Recursos Hídricos da FCA/UNESP – Botucatu.

Agradeço ao funcionário José Israel Ramos do departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP – Botucatu por toda atenção, paciência, dedicação e disposição oferecidos em cada análise das amostras de água.

Agradeço a diretora da Escola do Meio Ambiente Eliana Maria Nicolini Gabriel por ter me incentivado e disponibilizado ferramentas que foram essenciais para a realização deste trabalho.

Agradeço a amiga Maria Clara da Escola do Meio Ambiente pelo tempo que dedicou a me auxiliar, incentivar, ensinar e me acompanhar em cada manhã de coleta.

Agradeço aos amigos Veridiana e Rafael da Escola do Meio Ambiente por terem me acompanhado em uma manhã de coleta.

Agradeço a todos os docentes e funcionários da Instituição da FATEC de Botucatu pela atenção e respeito oferecidos.

Agradeço aos amigos que fiz por todas as tardes que passamos juntos aprendendo com cada história de vida, pela amizade e companheirismo, risos e diversão presentes nesses três anos de faculdade.

*“Que venha logo, o último dia do resto da vida do Rio Lavapés:
o primeiro sem tipo algum de esgoto.
E que voltem as crianças, as flores, os peixes, as garças, a vida...”*
João Carlos Figueiroa

RESUMO

Os sistemas hidrográficos foram os que mais sofreram impacto com a urbanização, pois, em pouco tempo os rios começaram a ter queda na qualidade de suas águas devido aos dejetos humanos e industriais que foram, e até hoje são, despejados em suas águas. Com a cidade de Botucatu não foi diferente, o Ribeirão Lavapés é um curso d'água que corta a cidade passando pelo centro da mesma, o fato da ocupação de Botucatu ter ocorrido nas margens deste ribeirão faz com que o mesmo tenha importância histórica para a cidade. Ao sentir as consequências de tal expansão não planejada há uma grande preocupação da atual sociedade para com a preservação do meio ambiente e é vista a necessidade de implantar sistemas sustentáveis para evitar o desperdício desse bem que é essencial pra existência da vida. A partir desse contexto o presente trabalho visou coletar a água do Ribeirão Lavapés para analisar parâmetros físicos como condutividade elétrica (CE), cor, sólidos solúveis, sólidos suspensos, temperatura do ar, temperatura da água e turbidez, e parâmetros químicos como demanda química de oxigênio (DQO), ferro, nitrato, e potencial hidrogeniônico (pH) levantando informações a respeito da atual situação hidrológica deste manancial, a fim de encontrar formas sustentáveis para utilização deste recurso, tendo como foco à economia e redução no desperdício através da utilização desta água em um sistema de irrigação localizado por gotejamento. Utilizou-se pesquisa bibliográfica, coleta de dados em vários pontos do ribeirão, da nascente localizada dentro da Escola do Meio Ambiente à Fazenda Experimental Lageado – FCA/UNESP, registro fotográfico, análise da água por diversos métodos no laboratório de Recursos Hídricos da FCA/UNESP de Botucatu e os resultados foram analisados pelo método quantitativo. Adotando os critérios de avaliação é possível afirmar que quase 100% das amostras analisadas não possuem valores significativos elevados de sólidos solúveis e sólidos suspensos presentes na água, o que poderia resultar em um alto potencial de dano na operação de um sistema de irrigação localizada e 100% dos pontos de coleta possuem quantidade de ferro considerada moderada em relação o grau de influência do ferro no comprometimento de um sistema de irrigação por gotejamento.

Palavras – chave: Análise da água. Irrigação por gotejamento. Qualidade da água. Ribeirão Lavapés. Sistemas hidrográficos.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Esquema de um sistema de irrigação localizada por gotejamento.	29
2 Termômetro utilizado para medir temperatura da água e do ar.....	39
3 Escala de pH.	42
4 Ponto 1 para coleta da água, nascente do Ribeirão Lavapés.	53
5 Ribeirão Lavapés represado.....	54
6 Ponto 2 para coleta de amostra da água.....	54
7 Ribeirão Lavapés no trajeto ao lado da Rua Curuzu, próximo ao Auto Posto Ipiranga.....	55
8 Ponto 3 para coleta de amostra da água.....	55
9 Ponte que dá acesso ao Bairro Alto através da Rua Siqueira Campos.....	56
10 Ponto 4 para coleta de amostra da água.....	56
11 Ponte localizada próxima ao antigo Matadouro Municipal, na Avenida Paula Vieira.....	57
12 Ponto 5 para coleta de amostra da água.....	57
13 Ponte localizada dentro da Fazenda Experimental Lageado FCA/UNESP.....	58
14 Ponto 6 para coleta de amostra da água.....	58
15 Resultado da variável Condutividade Elétrica (CE).....	60
16 Resultado da variável cor.	61
17 Resultado da variável sólidos solúveis.	63
18 Resultado da variável sólidos suspensos.	64
19 Resultado da variável temperatura da água.	66
20 Resultado da variável temperatura do ar.	67
21 Resultado da variável turbidez.	69
22 Resultado da variável demanda química de oxigênio (DQO).	71
23 Resultado da variável ferro total.....	73
24 Resultado da variável nitrato (NO_3^-).	74
25 Resultado da variável Nitrito (NO_2^-).	75
26 Resultado da variável Potencial Hidrogeniônico (pH).....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Fatores que influenciam o entupimento em sistemas de microirrigação.....	36
2 Resultado da variável Condutividade Elétrica (CE).....	59
3 Resultado da variável cor.	61
4 Resultado da variável sólidos solúveis.	62
5 Resultado da variável sólidos suspensos.	63
6 Resultado da variável temperatura da água.	65
7 Resultado da variável temperatura do ar.	67
8 Resultado da variável turbidez.	68
9 Resultado da variável demanda química de oxigênio (DQO).	70
10 Resultado da variável ferro total.....	72
11 Resultado da variável nitrato (NO_3^-).	73
12 Resultado da variável nitrito (NO_2^-).	75
13 Resultado da variável Potencial Hidrogeniônico (pH).....	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION

APP's – ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

CE – CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

DQO – DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

EMA – ESCOLA DO MEIO AMBIENTE

FCA – FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

pH – POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

SABESP – COMPANHIA DE ABASTECIMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION

LISTA DE SÍMBOLOS

- 1) °C : grau Celsius.
- 2) Cfa : classificação do clima segundo o sistema de Köppen – clima subtropical com verões quentes, cuja temperatura do mês mais quente é superior aos 22°C.
- 3) cm : centímetros.
- 4) FAU : Formazin Attenuation Unit – unidade de medida da turbidez.
- 5) kg : quilogramas.
- 6) km : quilômetros.
- 7) km/km² : quilômetros por quilometro quadrado.
- 8) L h⁻¹ : litros por hora.
- 9) L s⁻¹ : litros por segundo.
- 10) m³ : metros cúbicos.
- 11) m³ dia⁻¹ : metros cúbicos por dia.
- 12) m³ s⁻¹ : metros cúbicos por segundo.
- 13) mca : metro de coluna d'água.
- 14) mg L⁻¹ : miligramas por litro.
- 15) mL : mililitros.
- 16) mm : milímetros.
- 17) mS/cm : miliSiemens por centímetro.
- 18) S/m : Siemens por metro.
- 19) uH (PtCo) : unidade internacional Hazen de cor.
- 20) μS/cm : microSiemens por centímetro.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos.....	14
1.2 Justificativa	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 O agronegócio	16
2.1.1 <i>A agricultura no município de Botucatu</i>	16
2.1.2 <i>Importância da água para a agricultura</i>	17
2.1.3 <i>Importância dos sistemas aquáticos para a humanidade</i>	17
2.2 A gestão dos recursos hídricos.....	18
2.3 Bacia Hidrográfica	18
2.3.1 <i>Microbacia Hidrográfica</i>	19
2.4 Qualidade da água	21
2.4.1 <i>Critério para avaliação da qualidade das águas</i>	21
2.5 Botucatu e o Ribeirão Lavapés.....	22
2.5.1 <i>Hidrografia do município</i>	22
2.5.2 <i>O desenvolvimento de Botucatu às margens do Ribeirão Lavapés</i>	22
2.5.3 <i>Situação ambiental do Ribeirão Lavapés</i>	23
2.5.4 <i>Características hidrológicas do Ribeirão Lavapés</i>	24
2.5.5 <i>Impactos sobre as águas do Ribeirão Lavapés</i>	24
2.6 Irrigação localizada (gotejamento e microaspersão).....	26
2.6.1 <i>Principais vantagens da irrigação localizada</i>	27
2.6.2 <i>Componentes do sistema</i>	27
2.6.3 <i>Principais características desejáveis nos gotejadores</i>	29
2.6.4 <i>Principais tipos de gotejadores</i>	30
2.7 Utilização de águas de mananciais urbanos em sistemas de irrigação	30
2.8 Critérios para estabelecer a qualidade da água de irrigação	31
2.9 Tipos de águas utilizadas para irrigação	31
2.9.1 <i>Águas superficiais</i>	32
2.9.2 <i>Águas subterrâneas</i>	32
2.9.3 <i>Águas residuárias</i>	32
<u>2.9.3.1 Tipos de reuso da água</u>	<u>33</u>
2.9.3.1.1 <i>Vantagens do reuso das águas residuárias</i>	33
2.9.3.1.2 <i>Desvantagens do reuso das águas residuárias</i>	33
<u>2.9.3.2 Água reciclada</u>	<u>34</u>
2.10 Consequências sobre o sistema de irrigação e a cultura implantada	34
2.10.1 <i>Corrosão e incrustação</i>	34
2.10.2 <i>Manchas em cultivos</i>	34
2.10.3 <i>Entupimento nos sistemas de irrigação por gotejamento</i>	35
<u>2.10.3.1 Causas que geram entupimento dos emissores</u>	<u>35</u>
2.11 Parâmetros físicos.....	37
2.11.1 <i>Condutividade elétrica (CE)</i>	37
2.11.2 <i>Cor</i>	37

2.11.3	<i>Temperatura do ar e da água</i>	38
2.11.4	<i>Turbidez</i>	39
2.11.5	<i>Sólidos solúveis e sólidos suspensos</i>	40
2.12	Parâmetros químicos	40
2.12.1	<i>Demanda química de oxigênio (DQO)</i>	40
2.12.2	<i>Ferro Total</i>	41
2.12.3	<i>Nitrato (NO₃⁻) e Nitrito (NO₂⁻)</i>	41
2.12.4	<i>Potencial hidrogeniônico (pH)</i>	42
3	MATERIAL E MÉTODO	44
3.1	Materiais	44
3.2	Métodos utilizados na pesquisa	45
3.2.1	<i>Metodologia aplicada na coleta das amostras</i>	46
3.2.1.1	<u>Frequência de amostragens</u>	46
3.2.1.2	<u>Tipo de amostra</u>	47
3.2.1.3	<u>Conservação da amostra</u>	47
3.2.2	<i>Metodologia aplicada na análise das amostras</i>	48
3.2.2.1	<u>Parâmetros físicos</u>	48
3.2.2.1.1	<i>Condutividade Elétrica – CE (µS/cm)</i>	48
3.2.2.1.2	<i>Cor (uH (PtCo))</i>	48
3.2.2.1.3	<i>Sólidos solúveis (mg L⁻¹) e Sólidos suspensos (mg L⁻¹)</i>	49
3.2.2.1.4	<i>Turbidez (FAU)</i>	49
3.2.2.2	<u>Parâmetros químicos</u>	49
3.2.2.2.1	<i>Demanda química de oxigênio – DQO (mg L⁻¹)</i>	50
3.2.2.2.2	<i>Ferro total (mg L⁻¹)</i>	50
3.2.2.2.3	<i>Nitrato - NO₃⁻ (mg L⁻¹)</i>	51
3.2.2.2.4	<i>Nitrito - NO₂⁻ (mg L⁻¹)</i>	51
3.2.2.2.5	<i>Potencial hidrogeniônico (pH)</i>	52
3.3	Estudo de caso	52
3.3.1	<i>Caracterização geral da área de estudo</i>	52
3.3.2	<i>Os pontos de coleta das amostras</i>	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1	Parâmetros físicos	59
4.1.1	<i>Condutividade elétrica – CE (µS/cm)</i>	59
4.1.2	<i>Cor (uH (PtCo))</i>	61
4.1.3	<i>Sólidos solúveis (mg L⁻¹)</i>	62
4.1.4	<i>Sólidos suspensos (mg L⁻¹)</i>	63
4.1.5	<i>Temperatura (°C)</i>	65
4.1.6	<i>Turbidez (FAU)</i>	68
4.2	Parâmetros Químicos	70
4.2.1	<i>Demanda química de oxigênio – DQO (mg L⁻¹)</i>	70
4.2.2	<i>Ferro Total (mg L⁻¹)</i>	71
4.2.3	<i>Nitrato - NO₃⁻ (mg L⁻¹)</i>	73
4.2.4	<i>Nitrito - NO₂⁻ (mg L⁻¹)</i>	74
4.2.5	<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	76
5	CONCLUSÃO	78

REFERÊNCIAS	81
--------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

Segundo Nicolete et al., (2010), até mesmo Botucatu, uma cidade que desde os primórdios de sua existência é conhecida por suas riquezas em aspectos climáticos e ambientais, é o reflexo de que o processo de expansão da urbanização apresenta permanente conflito com o meio ambiente. Esse conflito não ocorreu somente em Botucatu, mas sim no mundo todo devido ao modelo socioeconômico que vivemos onde muitas vezes a ausência de planejamento na ocupação de áreas, antes naturais, que foram destinadas ao processo civilizatório, resultou em grandes extensões territoriais desmatadas, mananciais poluídos, impacto sobre as espécies vegetais e animais existentes na região, entre outros.

Os primeiros focos de concentração da população na cidade de Botucatu ocorreram nas margens do Rio Vila, maneira como era conhecido o Ribeirão Lavapés; este fato faz com que o ribeirão tenha importância histórica e seja referência geográfica na cidade até os dias atuais. O rio era famoso por suas correntes de águas limpas, utilizadas pela população ribeirinha tanto para consumo como para agricultura, no cultivo de alimentos, pecuária e atividades da indústria. Quando a população que utilizava as águas do Ribeirão Lavapés era pequena o rio suportava a demanda de resíduos domésticos que eram despejados nele, porém muitos imigrantes vieram de regiões distantes em busca de terras, o que gerou um aumento expressivo da população e acarretou num grande volume de esgoto despejado em suas águas; portanto o aumento desenfreado da população resultou no início da queda na qualidade das águas deste ribeirão. Até os dias de hoje o Ribeirão Lavapés, assim como diversos outros rios urbanos no Brasil e no mundo, vem enfrentando a pressão gerada pelo desenvolvimento da sociedade, o que resulta na degradação ao ambiente e desvalorização dos valores passados (FIGUEIROA, 2008. NICOLETE et al., 2010).

Tendo em vista que a irrigação é indispensável na produção agrícola e é a atividade que mais consome água se comparada as demais formas de utilização desse recurso, o presente trabalho visou o levantamento físico e químico da água do Ribeirão Lavapés e verificou quais propriedades a água possui que podem comprometer um sistema implantado de irrigação localizada por gotejamento.

1.1 Objetivos

O objetivo do presente estudo foi analisar a qualidade da água ao longo do Ribeirão Lavapés e realizar o levantamento dos parâmetros físicos e químicos em diferentes pontos, desde a nascente localizada dentro da Escola do Meio Ambiente até a Fazenda Experimental Lageado – FCA / UNESP – Campus de Botucatu, para verificar quais propriedades a água possui e se a mesma pode ser utilizada em um sistema irrigação localizada por gotejamento sem comprometê-lo.

1.2 Justificativa

Assim como Botucatu muitas civilizações foram formadas as margens dos rios, isso ocorreu de forma estratégica, pois a água é essencial para a existência da vida, seja ela animal ou vegetal. A cidade é o reflexo de um processo civilizatório que tem os primeiros focos de concentração da população nas proximidades do curso d'água do Ribeirão Lavapés devido à busca desse bem para sua utilização na manutenção da vida da população ribeirinha.

Embora a água seja um bem precioso sem o qual a humanidade não sobreviva o homem tem agido com imprudência em relação não só ao uso da água dos rios, como também das demais fontes superficiais ou subterrâneas. Grande parte das redes de abastecimento do mundo já não consegue utilizar somente as águas superficiais de rios para suprir as necessidades de suas populações. Nesse cenário a tendência é que a água se torne um bem cada vez mais escasso e valioso no Planeta, o que implicará em mais cuidados e investimentos para o reuso deste recurso.

Contudo pode-se perceber que embora a água tenha a tendência de se tornar um bem escasso vê-se a todo instante rios, córregos, mananciais, cursos d'água como um todo poluídos, pois sofrem as consequências da agressão causada pelo homem, um exemplo é o grande volume de esgoto doméstico despejado nos cursos d'água. De acordo com Valente e Traficante (2008), a água é a substância mais abundante no planeta Terra, sem ela não há

existência de qualquer espécie de vida, portanto sua escassez e qualidade influenciam na qualidade da vida.

Nesse contexto entendeu-se a importância e a necessidade de se evitar o desperdício desse bem que é essencial pra existência da vida. Portanto o presente trabalho propôs encontrar formas sustentáveis para utilização da água do Ribeirão Lavapés e visou a economia através da utilização de uma água que seria desperdiçada. Sendo assim viu-se a oportunidade de promover melhorias ao ribeirão e conseqüentemente à cidade de Botucatu proporcionando melhoras nas condições socioambientais do manancial, dessa forma o presente trabalho justificou-se.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O agronegócio

Segundo Vilela e Macedo (2000), o agronegócio pode ser entendido como todos os agentes que produzem para o mercado ou desenvolvem qualquer empreendimento visando à maximização de lucro num setor do sistema agroalimentar, dessa forma refere-se a um sistema empresarial. No setor produtivo são estabelecidos os elementos de suprimento e apoio, como por exemplo, os fornecedores de insumos, as máquinas, os equipamentos utilizados e aportes de fatores tradicionais de produção, como o capital e a mão-de-obra, tais elementos estão à montante do setor produtivo. Nos itens colocados à jusante do setor produtivo estão as empresas processadoras, atacadistas e varejistas e a rede de distribuição. No final da cadeia estão os consumidores, que são os agentes ativos do sistema agroalimentar, ou seja, esse sistema só funciona devido à existência de necessidades do consumidor.

2.1.1 A agricultura no município de Botucatu

O município de Botucatu possui diversas atividades econômicas que trabalham de forma razoavelmente harmoniosa, elas são: agricultura tradicional; agricultura orgânica; plantações de cana; citros, por exemplo, a laranja; áreas de reflorestamento e a indústria. A cidade também busca incentivar o desenvolvimento de pesquisas nos cursos superiores nela existentes, que visam contribuir com o desenvolvimento sustentável (FIGUEIROA, 2007).

2.1.2 Importância da água para a agricultura

Segundo Senra (2008, p. 27), “a agricultura é a atividade humana que mais consome água no planeta, de forma que 70% da água doce apta para o consumo humano é utilizada para a irrigação. É essa água que produz os alimentos, além de outras espécies vegetais” que são essenciais para a sobrevivência da espécie humana. De acordo com o autor, sem a água o homem mal pode se alimentar. A água tem função vital, não somente para a humanidade, mas também para todas as espécies vivas do planeta, sejam elas vegetais ou animais.

Em meio século houve um grande crescimento populacional, estima-se que a população tenha duplicado e o consumo de alimentos ampliado aproximadamente 30% por pessoa em países que estão em desenvolvimento; embora houvesse melhora no quadro nutricional esse aumento tornou a obesidade uma dificuldade para a saúde pública, enquanto em outras regiões inúmeras pessoas morreram devido à desnutrição; outra dificuldade que esse crescimento gerou foi a acentuação da demanda de recursos hídricos (SENRA, 2008).

De acordo com Senra (2008), o objetivo de todo produtor é obter uma maior produtividade e economizar tempo, dessa forma o processo de irrigação vem ganhando destaque e se expandindo em todo mundo, porém, esse método nem sempre é eficiente, pois pode desperdiçar muita água e energia. Isso ocorre porque, baseando-se no alimento que consumimos podemos demandar maior ou menor quantidade de água utilizada, ou seja, a mudança no hábito alimentar é um dos fatores que pode colaborar para a queda da utilização de água na agricultura.

2.1.3 Importância dos sistemas aquáticos para a humanidade

Pode-se dizer que os sistemas aquáticos são essenciais para o desenvolvimento da humanidade, pois com o auxílio dos mesmos o clima pode ser regulado, há produção de alimentos para abastecimento da população através da agricultura e agropecuária, equilíbrio das inundações e disponibilização da água nos períodos de seca, purificação da água potável tanto para as populações como para a irrigação e criação dos animais, proteção da costa, absorção dos gases que geram o efeito estufa contribuindo dessa forma para reduzir a mudança climática, utilização para recreação e turismo, produção de fibras e madeiras, além de funcionar como meio de transporte, possibilitar a produção de energia hidroelétrica e mecânica e promover valores culturais e espirituais, ou seja, os sistemas aquáticos desempenham uma série de funções que são primordiais para a existência da sociedade

humana. Quanto maior a biodiversidade em um ecossistema, maiores são os serviços que ele pode oferecer. Porém para uma utilização eficiente dos sistemas aquáticos há necessidade que exista uma grande variedade de espécies nativas para que o equilíbrio do ecossistema permaneça estável frente a um meio ambiente em transformação (SENRA, 2008).

2.2 A gestão dos recursos hídricos

De acordo com Senra (2008), deve-se fazer uma boa gestão dos recursos hídricos para assegurar a disponibilidade da água de qualidade aos sistemas de abastecimento, devido a isso há uma estreita relação entre os recursos hídricos e a questão do saneamento. A utilização da água é essencial para a sobrevivência humana, dessa forma o objetivo dos sistemas de abastecimento de água é o de assegurar que haja água potável disponível às pessoas, principalmente para suprir suas necessidades fisiológicas, como por exemplo, para cozinhar, beber e para higiene pessoal, pois, se a água utilizada for de boa qualidade há uma enorme redução dos problemas relacionados à saúde.

No contexto do crescente processo de escassez da água, cabe salientar que o preço desse bem finito tende a ficar cada vez mais alto. A água de reuso, utilizada para diversos fins, como a irrigação de culturas perenes, tende a apresentar preço mais baixo, reduzindo assim os custos de produção. Na medida em que a cobrança pelo uso da água, instrumento de gestão já considerado na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433, de 08/01/97), tornar-se mais abrangente, o mercado de água de reuso também tenderá a crescer (BERNARDI, 2003, p. 3).

Segundo Valente e Traficante (2008), água potável é aquela que pode ser ingerida sem prejudicar a saúde. Para assegurar a potabilidade da água é necessário fazer análises físico-químicas e biológicas para verificar sua qualidade. Senra (2008) relata em sua obra que todo ser humano tem como direito fundamental o acesso a uma água potável que traga saúde ao invés de doença. O sistema de coleta, seja de esgotos ou resíduos sólidos, é essencial para afastar esses dejetos dos locais onde foram produzidos. O manejo adequado desses dejetos requer o tratamento responsável dos mesmos, dispendo-os de maneira adequada para evitar a poluição das águas, sejam as subterrâneas ou as superficiais.

2.3 Bacia Hidrográfica

Segundo Nagy (2008), a bacia hidrográfica é uma área de terra drenada por determinado curso d'água. Pode ser limitada espacialmente pelo divisor de águas ou pelo

divisor topográfico. Para a caracterização de uma bacia hidrográfica não são consideradas as dimensões da área envolvida, pois qualquer curso d'água, por menor que seja, tem a sua bacia hidrográfica. Deve-se lembrar de que uma bacia hidrográfica é constituída através da junção de diversas microbacias hidrográficas.

2.3.1 Microbacia Hidrográfica

De acordo com Attanasio, Rodrigues e Gandolf (2008), a formação de uma microbacia hidrográfica é constituída por um conjunto de rios e seus afluentes, incluindo as terras que são drenadas por eles, não sendo relevante a execução de atividade agrícola, industrial, urbana, etc. A microbacia é uma unidade geográfica perfeita para se planejar e gerenciar o uso dos recursos naturais, principalmente os recursos hídricos, pois certa quantidade de água que cai sobre sua superfície é transportada na forma superficial ou sub superficial para o rio. Na microbacia ocorrem fortes relações e interdependência dos elementos encontrados no meio ambiente, como por exemplo, a água, o solo, a vegetação, etc., que estabelecem uma relação entre si e com as pessoas que nela convivem. Para os autores os papéis ecológicos e hidrográficos das matas ciliares em uma microbacia são:

1- Apoio no armazenamento de água, buscando dessa forma diminuir as chances de ocorrer falta de água no período de seca do ano; isso ocorre, pois a mata ciliar promove uma maior infiltração da água no solo durante as chuvas devido à existência de raízes de árvores, arbustos e plantas herbáceas;

2- As matas ciliares também colaboram com a manutenção da qualidade da água dos rios da microbacia que as mesmas envolvem; isso ocorre, pois a mata ciliar funciona como um filtro que retém resíduos oriundos de áreas agrícolas e urbanas;

3- Podem simular um “corredor ecológico” para a fauna e a flora, e dessa forma facilitar e favorecer o trânsito de animais e sementes, o crescimento das populações da fauna e da flora, a reprodução e, conseqüentemente, a prolongação da vida dessas espécies ou seja, as matas ciliares estabelecem corredores que interligam áreas antes isoladas;

4- Auxílio no desenvolvimento de pequenos ambientes que sejam favoráveis para alguns organismos aquáticos, devido a queda de galhos, troncos e folhas das arvores da floresta ciliar;

5- Abastecimento do rio com materiais orgânicos, frutos e folhas que se originaram na mata ciliar que servem de alimento aos peixes e insetos;

6- Como a existência de árvores possibilita o sombreamento do canal do rio há um beneficiamento na estabilização térmica da água do rio;

7- Assim como os barrancos dos rios sem vegetação são 30 vezes mais susceptíveis à erosão do que os vegetados, com a mata ciliar há estabilização na morfologia dos leitos dos rios;

8- Proteção de espécies vegetais e animais para que a biodiversidade se mantenha.

De acordo com Naiman et al., (1997 citado por ATTANASIO; RODRIGUES; GANDOLF, 2008), segundo dados experimentais, as matas ciliares removem de 80% a 90% dos sedimentos originários de processos erosivos localizados nas áreas agrícolas da microbacia. Essas florestas também podem promover uma redução expressiva da concentração de herbicidas no curso do rio devido à filtragem de sedimentos e nutrientes, além de exercerem a filtragem biológica que ocorre devido à captação de nutrientes com o auxílio das raízes da floresta e dos microrganismos do solo, tais nutrientes chegam até os rios através do “efeito tampão”, que seria o transporte realizado em solução no escoamento sub superficial.

Segundo Attanasio, Rodrigues e Gandolf (2008), se a contaminação se originar de fontes pontuais, como o lançamento de dejetos não tratados nos rios e córregos, por exemplo, a ação de proteção dos recursos hídricos das matas ciliares não ocorrerá. Portanto, a mata ciliar não deve ser vista unicamente como um filtro capaz de reter os poluentes e sedimentos oriundos dos terrenos que estão localizados em pontos elevados da microbacia e que sofrem impactos com o uso inadequado do solo; essas florestas ciliares precisam ser protegidas para que não recebam contaminantes e sedimentos em excesso, pois isso danificaria sua sobrevivência e os serviços ambientais por elas realizados. As matas ciliares são protegidas por lei, devido ao fato de desempenharem funções consideradas vitais para a busca do desenvolvimento sustentável da microbacia e assim trazer melhorias a qualidade de vida do ser humano.

De acordo com o autor op cit., as APP's são estabelecidas pelo Código Florestal Brasileiro, que faz uma série de determinações sobre as mesmas. Nas nascentes, as matas ciliares devem ocupar um raio de 50 metros, já em rios de até 10 metros de largura, o raio ocupado pela mata ciliar passa a ser de 30 metros em cada margem e nos grandes rios, como por exemplo, os de 600 metros, esse raio é de 500 metros em cada margem.

Segundo Silva (1996), as conhecidas APP's, foram criadas com o intuito de proteger o meio ambiente na sua condição original, através da determinação das áreas inadequadas para o uso da terra e dessa forma manter sua cobertura vegetal natural, que será responsável por

diminuir as consequências causadas por erosões, além de cooperar para a regularização do escoamento dos cursos d'água e assim trazer benefícios para a fauna silvestre.

2.4 Qualidade da água

De acordo com Valente e Traficante (2008), a solubilidade de oxigênio na água é o que permite a existência de peixes nos rios, pois se essa concentração diminuir e se encontrar abaixo de 4 mg L^{-1} os peixes podem vir a óbito. Substâncias como areia fina, argila, matéria orgânica, componentes do solo, microrganismos vivos, entre outros, podem ser dissolvidas e/ou transportadas pela água. Dessa forma as águas naturais, encontradas em rios, ribeirões, etc., possuem uma grande quantidade de espécies químicas e microbiológicas dissolvidas e em suspensão, sendo elas de origem natural ou causadas por atividades humanas, que variam de acordo com a alteração de fatores como por exemplo, a geologia da região, o tipo de solo e sua utilização, o tipo de vegetação e despejos lançados nos corpos d'água. Deve-se lembrar de que a qualidade da água é determinada pelos níveis de concentração das espécies físico-químicas e microbiológicas existentes.

2.4.1 Critério para avaliação da qualidade das águas

Segundo Valente e Traficante (2008), o critério ou padrão de qualidade de uma dada espécie (individual) depende do uso da água e é estabelecido através de estudos científicos. Antes de ser utilizada uma água natural desconhecida deve passar por uma análise química e somente pode ser aproveitada se todas as variáveis da qualidade da água estiverem dentro dos padrões estabelecidos. As variáveis a serem analisadas dependem da finalidade a qual a água será destinada, pois, o padrão de qualidade pode ser alterado conforme a finalidade que a água se destina. A divisão dos corpos d'água em grupos tem entre suas diretrizes o objetivo de verificar a qualidade da água que certo manancial deve ter para atender às necessidades da comunidade. A resolução n° 357/2005 CONAMA, de 17 de março de 2005, classifica os corpos de água em determinadas classes que são estabelecidas por órgãos públicos competentes em função dos custos para recuperação e o tratamento para abastecimento de acordo com um conjunto de usos: potabilidade; recreação; dessedentação de animais; preservação / proteção das comunidades aquáticas; aquicultura e irrigação.

2.5 Botucatu e o Ribeirão Lavapés

2.5.1 Hidrografia do município

Segundo Freitas e Annunziato (2008), Botucatu, a cidade de bons ares e/ou bons ventos, é também uma terra de bonitos rios. A possível origem tupi desse nome nos traz a ideia de bom clima com o tempero das águas; partindo dos conhecidos reservatórios subterrâneos do Aquífero Guarani até chegar aos reservatórios superficiais de suas bacias hidrográficas, as Bacias do Rio Tietê e do Rio Pardo, sendo assim, percebe-se que a água é constituinte inseparável da história da região. Os ares, ventos, clima, rios e reservatórios de águas em união com a Cuesta, nos trazem oportunidades para o desenvolvimento, fazem desafios ao engenho humano e refletem às nossas influências em sua lógica natural, sejam elas boas ou ruins.

De acordo com Figueiroa (2007), a drenagem do município de Botucatu é realizada por duas bacias hidrográficas, são elas:

- O Rio Pardo, que é um afluente do Rio Paranapanema, está localizado ao sul e sua bacia hidrográfica ocupa uma área de aproximadamente 72.100 hectares. Como os melhores solos agrícolas do município encontram-se na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, as águas do mesmo em conjunto com seus afluentes são bastante utilizadas para irrigação de culturas;
- E o Rio Tietê que está localizado ao norte e ocupa uma área de aproximadamente 77.300 hectares. Seus afluentes são o Rio Alambari, que possui como tributários os córregos Nova América, do Rodrigues, Petiço, Oiti e Sete Garantãs e está situado na divisa com o município de Anhemi; e o Rio Capivara que tem como afluentes os ribeirões e córregos Araquá e Capivara. Passando pelo perímetro urbano de Botucatu encontra-se o principal tributário do Rio Capivara, o Ribeirão Lavapés, que recebe águas provenientes do ribeirão tanquinho e de outros pequenos córregos dentro da cidade.

2.5.2 O desenvolvimento de Botucatu às margens do Ribeirão Lavapés

De acordo com Valente e Traficante (2008), há muito tempo o desenvolvimento da humanidade acontece nas margens dos rios; em suas beiras o homem constrói cidades. Isso ocorre devido à beleza que os mesmos possuem e pela facilidade de obtenção de água, além de propor uma boa alimentação com a existência de peixes em suas águas; os rios também podem servir como meio de transporte e local para despejo de resíduos humanos. Porém, com

o desenvolvimento das cidades, os rios urbanos passaram a receber lixo, esgoto e outros resíduos em grandes quantidades, já não suportáveis pelo mesmo; dessa forma essa preciosa fonte de riquezas passou a ser vista meramente como um meio para diluir os dejetos produzidos pelo homem; sua finalidade passou a ser somente a de transportar esses resíduos para fora da cidade e decompor a matéria orgânica. Em Botucatu, não foi diferente, como muitas outras cidades, a “Princesinha da serra” também se desenvolveu próxima a um curso d’água, o Ribeirão Lavapés.

Segundo Figueiroa (2008); Freitas e Annunziatto (2008), a partir de 1830, certa população migrou para Cuesta; começaram a chegar desde agricultores à procura de terras disponíveis para fixar residência; vindos de regiões próximas, como por exemplo, Itapetininga, Tatuí, Sorocaba, etc., até pessoas vindas de regiões mais distantes, como por exemplo, Minas Gerais, que buscavam especialmente terras para cultivo ou para criação de gado. Tais imigrantes não possuíam terras, títulos ou dinheiro, porém, tinham vontade. Migraram de suas regiões em busca de uma condição de vida melhor, queriam tomar posse de seus pedaços de chão, plantá-los e cultivá-los.

Segundo Freitas e Annunziatto (2008), essa forma de agricultura cultivada por pessoas não escravas, que em sua maioria eram posseiros, recebia o título de “lavoura de livres”. Lentamente, esses novos habitantes iam se acumulando num espaço divisional de duas fazendas, localizadas entre o Ribeirão

Lavapés e a Praça Coronel Moura. Conforme os anos passaram “[...] um aglomerado de casebres surgiu nas proximidades do rio mais abundante do alto da Serra, o Lavapés. Águas frías, limpas, correndo levemente ao longo do frontado da Serra e rodeado de frondosas árvores” (FIGUEIROA, 2008, p. 45).

2.5.3 Situação ambiental do Ribeirão Lavapés

Dentro do município de Botucatu, a Bacia do Ribeirão Lavapés mostra um quadro ambiental muito degradado, desde a poluição das águas, à erosão do solo e assoreamento em razão de vários fatores, entre eles, principalmente o desmatamento desordenado, restando praticamente apenas vegetação em algumas áreas de preservação permanente, em função da dificuldade em se usarem tais áreas. O nível de poluição encontrado no Ribeirão Lavapés é tanto que o curso d’água funciona como um esgoto a céu aberto, recebendo os esgotos domésticos e efluentes industriais do município, porém, já houve uma melhora devido ao funcionamento da Estação de Tratamento de Esgoto, que foi construída pela SABESP em um

ponto localizado dentro da Fazenda Lageado. Embora todo o esgoto da cidade ainda não seja tratado, a qualidade da água já melhorou. Observando a vegetação nativa que ocorre no percurso do Ribeirão Lavapés, nota-se a presença de mata mesófila e semidecídua, representadas atualmente pelas matas secundárias (que resultam de explorações seletivas e descontínuas, ocasionando vários problemas ambientais para o ribeirão) e pelos cerrados.

2.5.4 Características hidrológicas do Ribeirão Lavapés

Segundo Nagy (2008), a Bacia do Rio Tietê é formada pelo Ribeirão Lavapés, Córrego da Cascata, Água Fria, Tanquinho, Boa Vista e Antártica. De acordo com dados coletados em pesquisas, o ribeirão possui uma densidade de drenagem de 1,36 km/km², declividade média de 11% e declividade total do curso d'água principal de 1,05%, o que possibilita maior escoamento superficial que infiltração. A descarga média da bacia na altura da Fazenda Lageado, chegou a 0,6 m³ s⁻¹, com produção diária de 51.840 m³, sendo que cerca de 30.000 m³ desse valor são originários no Rio Pardo.

2.5.5 Impactos sobre as águas do Ribeirão Lavapés

De acordo com Valente e Traficante (2008), a população rural do município de Botucatu foi superior à população urbana até a década de 50. Nessa época os esgotos sanitários da cidade eram tratados antes de serem despejados no ribeirão, portanto, a qualidade da água encontrada nesse curso d'água era considerada de boa qualidade. No trecho do ribeirão que está inserido dentro da área urbana existiam peixes, a qualidade era tamanha que a população banhava-se nesse curso d'água; sabe-se que naquela época o volume de água do ribeirão era cerca de três vezes maior ao volume encontrado no ano de 2007.

Segundo Figueiroa (2008), embora a instalação da coleta de esgotos domiciliares e industriais demorasse a ser posta em prática, Botucatu mostrou-se cheia de vontade ao se capacitar para coletar e tratar os fluentes oriundos da estação de tratamento para somente posteriormente os devolver para o Ribeirão Lavapés. Dessa forma, o que proporcionou à cidade pôr seu plano de tratamento dos esgotos em prática, foi à boa situação financeira dos poderes públicos naquele momento. Da forma como a coleta de esgoto foi instalada os dejetos eram conduzidos a um coletor tronco, a partir daí eram levados até uma grande caixa de tratamento (construída na Avenida Paula Vieira, unida ao ribeirão), onde foram instalados os filtros. Dessa forma o tratamento de esgotos começou a funcionar, porém, constantes

reclamações começaram a ser publicadas nos jornais locais devido ao mau cheiro. Somente após serem submetidos a produtos químicos e passarem pelos filtros, os líquidos restantes, já tratados, eram devolvidos ao Ribeirão Lavapés. Não somente a água era beneficiada, mas também os resíduos resultantes, que após serem tratados serviam de adubo.

Com a crise o poder público perdeu a receita, e dessa forma não havia mais capital para investimentos, sendo assim os serviços de água e esgoto também entraram numa crise constante que se arrastou até 1974, ano em que a SABESP chega à cidade. Entretanto o adensamento de tal situação foi percebido somente no decorrer dos anos 70, década em que a cidade retomou seu crescimento econômico e populacional, pois nessa época surgiram novos loteamentos, distribuídos ao longo de diversos córregos e não mais somente nos arredores do Ribeirão Lavapés como antigamente. Agora o problema que antes se resumia somente ao Lavapés se disseminava em outras encostas, o que trouxe, como consequência, o alastramento das áreas poluidoras e a inclusão de novos leitos d'água no mapa das águas poluídas de Botucatu (FIGUEIROA, 2008).

Segundo Donato (2008), no ano de 1893 a situação já parecia insuportável para a população que residia na cidade, pois não entendiam como Botucatu, conhecida como metrópole do sertão, capital entre Tietê e Paranapanema, ainda utilizava água de poços abertos nos quintais ou vendidas nas ruas dentro de barris pelos conhecidos aguadeiros, que eram guiadores de grandes carros pipas levados por juntas de bois; esses fornecedores individuais de água desciam aos brejos do Ribeirão Lavapés, na época conhecido como Ribeirão do Patrimônio, e vendiam suas águas como de boa qualidade.

No ano de 1994, quando a cidade de Botucatu tinha aproximadamente 100 mil habitantes, praticamente todo o esgoto sanitário foi lançado no Ribeirão Lavapés sem tratamento. Segundo dados da SABESP, após realização de cálculos, a descarga de águas servidas no Ribeirão Lavapés é de aproximadamente 600 L s^{-1} , isso é equivalente a $51.840 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$; são acrescentados, cerca de $30.000 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ ao volume de água natural do Ribeirão Lavapés (VALENTE; PADILHA; SILVA, 1997).

De acordo com Freitas e Annunziato (2008), todo processo de desenvolvimento se estabelece num vasto conjunto de desafios à sustentabilidade. Assim aconteceu em Botucatu, que embora num primeiro momento tenha sido exemplo em ternos de cuidados ambientais, se preocupando com o tratamento dos dejetos produzidos pela população; num segundo momento fez vista grossa para o despejo dos dejetos nas águas de seus ribeirões, pois além de não possuir recursos para investimento, teria que driblar também seu crescimento populacional.

2.6 Irrigação localizada (gotejamento e microaspersão)

Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006), a irrigação localizada envolve os sistemas de irrigação nos quais a água é diretamente aplicada ao solo, sobre a região radicular, em pequenas intensidades, ou seja, de 1 a 160 litros por hora e alta frequência, com turno de rega de 1 a 4 dias, dessa forma a umidade do solo é mantida. A aplicação da água é realizada por tubos perfurados com orifícios de diâmetros reduzidos ou gotejadores e microaspersores denominados emissores, que diferem entre si em termos de tipos, modelos e características.

Gotejamento e microaspersão são sistemas muito difundidos, sendo o primeiro mais antigo no Brasil (1972) e o segundo mais recente (1982). Diferem entre si quanto a aplicação de água: no gotejamento aplicam-se vazões menores, de 1 a 20 L h⁻¹, gota a gota, e na microaspersão as vazões são aplicadas de forma pulverizada, de 20 a 150 L h⁻¹. Utilizam-se normalmente tubulações de PVC (linhas adutoras) e tubulações flexíveis de polietileno, nas quais são inseridos ao emissores, que trabalham a pressões variando entre 5 e 25 mca, embora a pressão de serviço da maioria dos tipos de gotejadores esteja em torno de 10 mca. São de maior custo por área irrigada, portanto devem ser usados em culturas de alto retorno econômico, como café, tomate, morango, melão, pimenta-do-reino, abacate, citros, manga, noqueira-pecã, seringueira, uva, banana, cacau, mamão, bem como em atividades como viveiro de frutíferas, de essências florestais e de plantas ornamentais (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006, p. 483).

A irrigação localizada deve ser vista, além de um sistema que supre as necessidades relacionadas à água, também como parte integrante de um conjunto de técnicas agrícolas “sob condições controladas de umidade do solo, adubação, salinidade, doenças e variedades selecionadas, de modo que se obtenham efeitos significativos na produção por área e por água consumida, assim como na época da colheita e na qualidade do produto” (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006, p. 483).

De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006), na irrigação por gotejamento a aplicação de água ao solo é realizada sob a forma de “ponto fonte”, ou seja, a superfície do solo fica com uma área molhada com forma circular e o seu volume molhado com forma de um bulbo. Quando os pontos de gotejamento são próximos uns dos outros, forma-se uma faixa molhada contínua. A irrigação localizada é utilizada normalmente na forma de sistema fixo, dessa forma o sistema é composto por linhas laterais, sem que haja limite de quantidade, podendo suprir toda a área desejada, não havendo movimentação do sistema. Porém nesse sistema um determinado número de linhas laterais funciona por vez, a fim de minimizar a capacidade do cabeçal de controle. Como esse sistema é fixo, seu custo torna-se mais elevado, tornando-se viável somente para culturas com alta capacidade de retorno. É importante

lembrar que quanto maior for o espaçamento entre as plantas, maior será o espaçamento entre emissores e menor será o custo do sistema, este caso de irrigação localizada ocorre com frutíferas, cafeicultura e alguns hortigranjeiros que possuem maior valor comercial. Porém, no ano de 2000 com o crescimento da competitividade do agronegócio brasileiro houve grande desenvolvimento do setor de irrigação localizada, o que tornou esse tipo de irrigação viável em diversas culturas e sistemas de cultivos antes impensados. Devido a expansão no setor os maiores fabricantes mundiais passaram a focar o mercado brasileiro, buscando a implantação de fabricas no Brasil, dessa forma houve possibilidade de disponibilizar equipamentos a custos mais competitivos aos produtores.

2.6.1 Principais vantagens da irrigação localizada

De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006), as principais vantagens de um sistema de irrigação localizada são:

- Maior eficiência no uso da água,
- Maior produtividade,
- Maior eficiência na adubação,
- Maior eficiência no controle fitossanitário,
- Não interfere nas práticas culturais,
- Adaptação a diferentes tipos de solo e topografia,
- Utilização com água salina ou em solos salinos, e
- Economia de mão-de-obra.

2.6.2 Componentes do sistema

Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006), em geral, os sistemas de irrigação localizada são fixos e constituídos de:

1- Motobomba: Unidade de fundamental importância no sistema de irrigação localizada. As bombas que normalmente são utilizadas nesse sistema são as do tipo centrífuga de eixo horizontal, com motores elétricos e a diesel.

2- Cabeçal de controle: Está situado após o conjunto motobomba e no início da linha de recalque, o posicionamento do cabeçal de controle deve possibilitar menos custo, pela

otimização da quantidade de tubulação a ser adquirida, e facilitar a distribuição e o controle do sistema no campo.

O cabeçal de controle é constituído em geral pelas seguintes partes:

a) Medidores de vazão: permite um controle mais eficiente do volume de água aplicado e facilita a automatização do sistema, porém eleva o seu custo.

b) Filtros: partículas sólidas minerais, orgânicas e precipitações de silte, argila ou sais são causadores de entupimento nos emissores, porém tal entupimento pode e deve ser evitado com a filtragem da água de irrigação.

c) Injetor de fertilizante: a aplicação de fertilizantes pela irrigação (fertirrigação) é parte integral do sistema de irrigação localizada. É uma das maneiras mais eficientes e econômicas de aplicar fertilizantes as plantas.

d) Válvulas de controle de pressão e vazão: uma vantagem inerente ao uso de reguladores de pressão e válvulas métricas é a automatização do sistema.

e) Registros;

f) Manômetros;

g) Sistema de controle e automação.

São apresentados na Figura 1 alguns componentes de um sistema de irrigação localizada por gotejamento.

Quanto mais instrumentos se instalam em um sistema, maior é o numero de pontos suscetíveis de defeitos, porém, de acordo com o autor op cit., existem casos em que a automatização do sistema torna-se a opção mais viável.

3- Linha principal: Conduz a água da motobomba até as linhas de derivação. O material utilizado na linha principal normalmente são tubos de polietileno, de PVC rígido ou flexível, galvanizados e de cimento. Pode ser instalada na superfície do solo ou ser enterrada para facilitar as operações com máquinas agrícolas na lavoura.

4- Linha de derivação: Linha que conduz a água da linha principal até as linhas laterais. O material utilizado geralmente são tubos de polietileno flexível, quando instalados sobre a superfície do solo, ou tubos de PVC rígido, quando enterrados. É comum a instalação de válvulas de controle de pressão no início das linhas de derivação, para controlar a vazão do sistema.

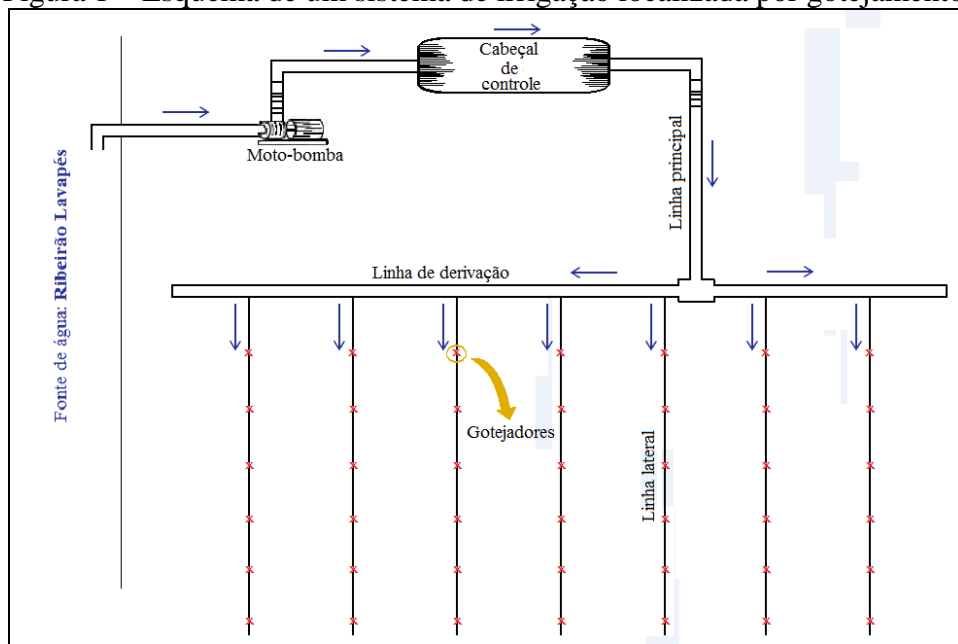
5- Linha lateral: São as linhas onde estão instalados os gotejadores que aplicam água nas plantas. Devem estar dispostas em nível e são constituídas de tubos de polietileno flexível, com diâmetro variando de 12 a 32 mm. “Os espaçamentos entre os gotejadores ao longo das

linhas laterais são estabelecidos em função do espaçamento entre as plantas ao longo da fileira e do tipo de planta a ser irrigada” (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006, p. 496).

6- Gotejadores: São as principais peças em um sistema de irrigação por gotejamento. Estão conectados às linhas laterais e possuem a capacidade de dissipar a pressão disponível na linha lateral e aplicar vazões pequenas e constantes.

A Figura 1, apresentada a seguir, representa como seria o esquema de um sistema de irrigação localizada por gotejamento implantado no Ribeirão Lavapés.

Figura 1 – Esquema de um sistema de irrigação localizada por gotejamento.



2.6.3 Principais características desejáveis nos gotejadores

Segundo Karmeli e Keller (1974 citado por BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006), as principais características desejáveis nos gotejadores são:

- Fornecer vazão relativamente baixa, constante e uniforme;
- Ter uma seção transversal de fluxo relativamente grande, para evitar problemas com entupimento; e
- Ser barato, resistente e compacto.

2.6.4 Principais tipos de gotejadores

De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006), os principais tipos de gotejadores são:

- Microtubos;
- Gotejador com longo percurso integrado;
- Gotejador tipo orifício;
- Tubos perfurados; e
- Microgotejadores.

2.7 Utilização de águas de mananciais urbanos em sistemas de irrigação

A irrigação é a atividade que consome maior quantidade de água se comparada as diversas formas de utilização desse recurso natural. Deve-se ressaltar que o consumo de água sofre grande variação de acordo com o método de irrigação que é empregado (WESTERHOFF, 1984 citado por BERNARDI, 2003).

Em função da relação entre escassez de água e escassez de alimentos, conforme relatório do IFPRI & IWMI (2002), projeta-se que em 2025 a escassez de água causará perdas anuais globais de 350 milhões de toneladas da produção de alimento [...]. Caso não se alterem políticas e prioridades, em vinte anos, não haverá água suficiente para as cidades, os domicílios, o ambiente natural ou cultivo de alimentos. A crescente competição por água limitará severamente sua disponibilidade para a irrigação, que, por sua vez, restringirá seriamente a produção de alimentos no mundo. O declínio na produção de alimentos poderia provocar a elevação absurda de preços, que resultaria em significativo aumento da desnutrição, já que muitos povos pobres, em países em desenvolvimento, já gastam mais da metade de sua renda em alimento (BERNARDI, 2003, p.10).

Segundo Guidolin (2000 citado por BERNARDI, 2003), o conteúdo dos elementos minerais presentes em efluentes urbanos brutos, como por exemplo, a presença de macronutrientes e micronutrientes, possuem propriedades que são necessárias ao desenvolvimento vegetal e alguns elementos são até fitotóxicos. Quando se trata de fatores patógenos, vetores de doenças ao ser humano, destaca-se que o solo atua como redutor do período de sobrevivência dos mesmos.

A aplicação de efluente de esgotos no solo é uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semi-áridas. Os maiores benefícios dessa forma de reúso são os associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública. Durante as duas últimas

décadas, o uso de água de esgotos para irrigação de culturas aumentou significativamente, em razão dos seguintes fatores: dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação; custo elevado de fertilizantes; a segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas; os custos elevados dos sistemas de tratamentos, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores; a aceitação sócio-cultural da prática do reúso agrícola e o reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática (HESPANHOL, 2003. SOUSA; LEITE, 2003 citado por RODRIGUES, et al., 2006, p. 1).

2.8 Critérios para estabelecer a qualidade da água de irrigação

De acordo com Almeida (2010), existem aspectos que possuem fundamental consideração quando se tem como foco a utilização de águas para a finalidade de irrigação, tais aspectos são aqueles que afetam a conservação do solo e o rendimento e qualidade das colheitas. Os critérios estabelecidos pelo autor são:

- Critérios de Salinidade;
- Critérios de Sodicidade – Percentagem de sódio na água, Relação de adsorção de sódio (RAS), Relação de adsorção de sódio ajustada (RASaj), Relação de adsorção de sódio corrigida (RAS^o);
- Toxicidade;
- Conteúdo de cloro;
- Conteúdo de sódio;
- Conteúdo de boro;
- Microelementos;
- Outras medidas de sodicidade – Carbonato de Sódio Residual (CSR), Dureza, Índice de Scott ou Coeficiente de alcalinização.

2.9 Tipos de águas utilizadas para irrigação

De acordo com Almeida (2010), as águas utilizadas para irrigação podem ter origem superficial, subterrânea ou resíduária; o ultimo caso ocorre normalmente em zonas áridas onde as características do clima e a escassez de recursos hídricos, tornam necessário o emprego de fontes alternativas de água disponíveis.

2.9.1 *Águas superficiais*

As águas superficiais podem ter uma origem natural ou ser resultado de contaminação. Ao percorrer a superfície da terra os rios exercem uma ação importante de “erosão, transporte e sedimentação de materiais, incorporando a seu leito águas procedentes de drenagens naturais, águas de infiltração e drenagem das terras irrigadas e despejos e restos procedentes de atividades humanas, agrícolas e industriais” (ALMEIDA, 2010, p. 13).

2.9.2 *Águas subterrâneas*

Segundo Almeida (2010, p. 17), águas subterrâneas “são aquelas que infiltram através da superfície do terreno e enchem os espaços vazios dos interstícios das rochas. Podem ser extraídas dos aquíferos para a superfície mediante a construção de poços”.

2.9.3 *Águas residuárias*

A utilização de águas residuárias para irrigação vem sendo praticada há muitos anos em diversas partes do mundo. Isso ocorreu porque com o crescimento da população mundial há uma crescente demanda por águas, tal fato faz com que a reutilização planejada da água se torne um tema de fundamental importância. Portanto, percebe-se que o reuso da água compõem uma atividade mais abrangente, sendo realizada a utilização racional ou eficiente desse bem, é importante lembrar que com a utilização que tal técnica é realizado o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água (ALMEIDA, 2010).

“No Brasil deve-se ainda trabalhar socialmente a cultura do reuso de água, que apesar de ser uma prática inconsciente utilizada há vários anos (reuso não planejado), há preconceito quanto à sua forma de utilização por parte do público consumidor” (BERNARDI, 2003, p. 6).

De acordo com Almeida (2010), as águas residuais são águas descartadas que resultam da utilização para diversos processos tais como:

1. Águas residuais domésticas: provenientes de banhos, cozinhas e lavagens de pavimentos domésticos.
2. Águas residuais industriais: resultantes de processos de fabricação.
3. Águas de infiltração: provem da infiltração nos coletores de águas existentes nos terrenos.

4. Águas urbanas: resultam de chuvas, lavagem de pavimentos, regas, etc.

2.9.3.1 Tipos de reuso da água

Segundo Almeida (2010), o reuso das águas pode ocorrer de três diferentes maneiras, sendo elas de maneira direta ou indireta, decorrentes de ações planejadas ou não, como segue abaixo:

- Reuso indireto não planejado da água: a água empregada em atividades humanas é despejada no meio ambiente e reutilizada. No caminho até o ponto de captação para o novo usuário, a água está sujeita a sofrer impactos naturais do ciclo hidrológico.
- Reuso indireto planejado a água: posteriormente ao tratamento os efluentes são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem aproveitadas, de forma controlada, no atendimento de algum uso que traga benefícios.
- Reuso direto planejado das águas: posteriormente ao tratamento os efluentes são encaminhados diretamente do ponto de descarga até o local do reuso, não sendo descartados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação.

2.9.3.1.1 Vantagens do reuso das águas residuárias

De acordo com WHO (1989 citado por FOLEGATTI; DUARTE; GONÇALVES, 2005), são diversas as vantagens do reuso da água residuária, dentre elas pode-se citar: alto poder fertilizante do efluente, pois este possui macro e micro nutrientes em abundância, podendo ser disponibilizado para as plantas; formação de húmus, devido a mineralização da matéria orgânica presente no esgoto; obtenção de um efluente de melhor qualidade; recuperação e economia de água e redução ou eliminação da poluição ambiental.

2.9.3.1.2 Desvantagens do reuso das águas residuárias

Segundo Almeida (2010), dentre as desvantagens da utilização do reuso de águas residuárias, pode-se citar: elevados teores de sais contidos nas águas de irrigação, podendo salinizar o solo, e prejudicar o rendimento das culturas; presença de íons como o sódio, boro e cloretos, os quais são tóxicos às culturas; presença expressiva de nitrogênio podendo

comprometer as culturas; riscos de contaminação, devidos aos organismos patogênicos, para o trabalhador e para o consumidor dos produtos irrigados.

2.9.3.2 Água reciclada

Almeida (2010), cita entre as principais aplicações da água reciclada:

- Irrigação paisagística: parques, cemitérios, campos de golf, faixas de domínio de autoestradas, campus universitários, cinturões verdes, gramados residenciais.
- Irrigação de campos para cultivos: plantio de forrageiras, plantas fibrosas e grãos, plantas alimentícias, viveiros de plantas ornamentais, proteção contra geadas.
- Finalidades ambientais: aumento de vazão em cursos de água, aplicação em pântanos, terras alagadas, indústrias de pesca.
- Usos diversos: aquicultura, construções, controle de poeira, dessedentação de animais.

2.10 Consequências sobre o sistema de irrigação e a cultura implantada

2.10.1 Corrosão e incrustação

De acordo com Ayers e Westcot (1987 citado por Almeida, 2010), a corrosão é um processo eletrolítico que ataca e dissolve a superfície dos metais; sua eficaz ação nos equipamentos de irrigação depende das características da água e da velocidade, temperatura e pressão da mesma. “As águas de baixa salinidade favorecem à corrosão e os problemas costumam ocorrer com águas subterrâneas, muitas das quais são corrosivas ao ferro, e em menor medida a outros metais” (ALMEIDA, 2010, p. 74).

As incrustações nas tubulações sucedem quando há ocorrência de depósito de material orgânico ou inorgânico sobre a superfície dos equipamentos e poços, que minimizam a passagem da água através das tubulações e saídas de águas (ALMEIDA, 2010).

2.10.2 Manchas em cultivos

De acordo com Almeida (2010), se a água contiver alto volume de sais pouco solúveis, ao ser aplicada por aspersão apresentará problemas de incrustações na forma de depósitos

brancos sobre as folhas, frutos e flores. Mesmo que os sais não apresentem um potencial de toxicidade, as manchas apresentadas sobre os frutos, flores e folhas reduzem a qualidade comercial dos produtos e requerem tratamentos caros, como por exemplo, banhos ácidos para frutas.

2.10.3 Entupimento nos sistemas de irrigação por gotejamento

Segundo López Aguado (1992 citado por ALMEIDA, 2010), a água pode apresentar em sua composição grande quantidade de impurezas que são características do ciclo hidrológico pelo qual a mesma passou. Podem ser distinguidos os seguintes grupos de contaminantes da água:

- Matéria orgânica em suspensão;
- Materiais em suspensão, como areia, argila e/ou limo;
- Organismos vivos que constituem a flora e a fauna do meio;
- Sais minerais em dissolução, como cálcio, nitratos, sódio, potássio, cloretos, etc.

Os sistemas de irrigação localizada de alta frequência, principalmente gotejamento e microaspersão, são os mais afetados pelos problemas de contaminação da água. O caso do gotejamento é mais crítico, haja vista que a água, conduzida pela rede de tubos instalados, passa através de gotejadores cujo orifício é de pequeno tamanho e forma, para produzir a perda de carga suficiente e conseguir baixas vazões de descarga. Esta situação possibilita uma fácil obstrução dos gotejadores se a água de irrigação transporta ou produz materiais que, uma vez neles depositados, reduzem progressivamente a passagem da água até chegar a obstrução total. Assim, mesmo sabendo-se que os efeitos prejudiciais que podem produzir são muito importantes, haja vista que se deve assegurar uma boa uniformidade na distribuição e na emissão de água e de solução nutritiva, na prática, a manutenção das instalações de irrigação localizada é descuidada com demasiada frequência. Por isso, a solução nutritiva não chega as plantas em quantidade suficiente para o seu adequado crescimento e desenvolvimento e, conseqüentemente, uma boa produção. Daí a necessidade de se dispor no cabeçal de controle ou mesmo nas parcelas individuais de irrigação e/ou fertirrigação dos elementos indispensáveis para garantir condições de filtração e limpeza da água (filtros de areia, de tela ou de disco), além de ser necessário ter um bom conhecimento de todo o conjunto desta técnica (ALMEIDA, 2010, p. 80).

2.10.3.1 Causas que geram entupimento dos emissores

Segundo Almeida (2010), saber exatamente quando vão ocorrer os problemas relacionados a entupimentos nos sistemas de irrigação localizada, não é uma tarefa simples, porém é possível estabelecer certos valores orientados para avaliar as diferentes situações que

possam aparecer. Ainda que se tenha um sistema de filtros adequado, há risco de entupimento em três diferentes ordens:

1. Entupimento físico (sólidos em suspensão): causado por partículas inorgânicas, tais como: areia, limo, argila e plástico; e partículas orgânicas, como por exemplo, plantas aquáticas, animais aquáticos e bactérias.

A forma mais econômica e eficaz contra o entupimento físico é a prevenção do entupimento, realizado através de filtros que são instalados segundo a qualidade da água e a operação do sistema.

2. Entupimento químico (precipitados): causado por carbonatos de cálcio e magnésio, sulfato de cálcio, hidróxidos e sulfetos de metais pesados; óleos e outros lubrificantes; fertilizantes, fosfatos, amoníaco líquido, ferro, cobre, zinco e manganês.

3. Entupimento biológico (bactérias e algas): causado por filamentos, mucilagem (lodo), depósitos de ferro, enxofre e manganês de origem microbiana.

4. Outras causas geradoras de entupimentos: O entupimento de um sistema de irrigação localizado por gotejamento também pode ser ocasionado por formigas, depósito de ovos de insetos e teias de aranha. Portanto há necessidade de constante manutenção e limpeza do sistema.

De acordo com Andrade (1998 citado por FRAVET, 2006, p. 15), “o desempenho e a vida útil de um sistema de irrigação por gotejamento estão intimamente ligados à qualidade da água que se bombeia para dentro da tubulação.” São apresentados na Tabela 1 alguns fatores as respectivas quantidades que influenciam o entupimento nos sistemas de microirrigação.

Tabela 1 – Fatores que influenciam o entupimento em sistemas de microirrigação.

Fator	Desprezível	Moderado	Severo
Físico:			
Sólidos em suspensão (mg L ⁻¹)	<50	50 a 100	>100
Químico:			
pH	<7,0	7,0 a 8,0	>8,0
Sólidos dissolvidos (mg L ⁻¹)	<500	500 a 2000	>2000
Ferro total (mg L ⁻¹)	<0,2	0,2 a 1,5	>1,5

Fonte: Adaptado de Andrade (1998 citado por FRAVET, 2006).

2.11 Parâmetros físicos

2.11.1 Condutividade elétrica (CE)

De acordo com a CETESB (2002), a condutividade elétrica é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica e depende de suas concentrações iônicas e da temperatura. Ao ser analisado, esse parâmetro fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua composição mineral, porém, não provê nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes.

Segundo Fravet (2006), a condutividade elétrica é dependente das concentrações iônicas e da temperatura, seu valor indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, portanto, representa indiretamente uma medida da concentração de poluentes. Ambientes impactados são expressos geralmente em quantidades superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

De acordo com a CETESB (2005 citado por FRAVET, 2006), a condutividade elétrica é um forte indicativo das alterações na composição de uma água, principalmente na concentração mineral da mesma. Porém, não fornece indicação alguma da relação nas quantidades dos componentes. Conforme sólidos dissolvidos são adicionados no curso d'água a condutividade aumenta. Valores elevados podem indicar características corrosivas da água. São determinados valores para a condutividade elétrica, a CETESB, orienta que se os valores forem superiores a 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ deve-se verificar outros fatores, como por exemplo, esgoto doméstico, fertilidade do solo da região, utilização de insumos agrícolas, entre outros, pois tais fatores podem influenciar nos resultados obtidos.

A condutividade elétrica varia de acordo com a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas na água, temperatura observada, mobilidade e valência dos íons, e com as concentrações de cada íon. É uma variável que pode ser expressa por diferentes unidades; a mais utilizada é a encontrada no Sistema Internacional de Unidades (S.I.), sendo medida como S/m, porém, em medições realizadas em amostras de água, utiliza-se normalmente $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou mS/cm , sendo que 1 mS/cm é equivalente a 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (CPRM, 2007).

2.11.2 Cor

De acordo com Fravet (2006, p. 56), “a cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente materiais em estado coloidal orgânico e inorgânico”. Quando se

fala em colóides orgânicos pode-se citar, por exemplo, substâncias naturais que resultam da decomposição parcial de compostos orgânicos que são encontrados nas folhas. Os esgotos sanitários também são caracterizados por apresentarem predominantemente matéria em estado coloidal.

A acidez que presente em muitos solos é fator resultante da ação da chuva, do vento, da temperatura e dos organismos. Quando há ocorrência de chuva tal fator resulta na lavagem ou lixiviação de nutrientes encontrados no solo (MÜLLER; PAULUS; BARCELOS, 2000).

Segundo Patemiani e Pinto (2001 citado por FRAVET, 2006), a cor das águas pode ser classificada como verdadeira ou aparente, sendo verdadeira quando há existência de matéria orgânica, e aparente quando há materiais em suspensão.

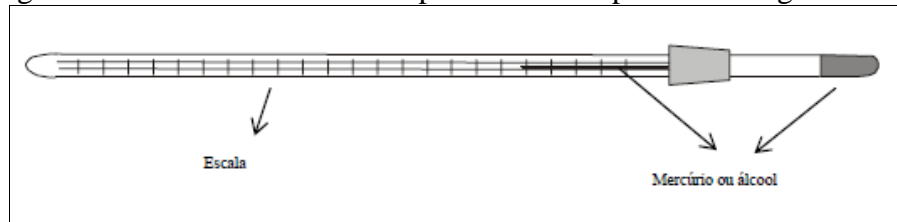
Em geral o maior problema relacionado a coloração da água, é o estético, pois causa um efeito repulsivo aos consumidores (CETESB, 2002).

2.11.3 Temperatura do ar e da água

Segundo Almeida (2010), a temperatura: possui grande valor na dissolução da água, pois a alteração dessa variável tem incidência sobre os parâmetros físicos e os parâmetros químicos que podem afetar a qualidade da água utilizada para irrigação. A água utilizada para a irrigação age sobre a temperatura do solo e sobre a temperatura da planta modificando seu regime térmico, em função da época de aplicação da irrigação e da origem da água utilizada, dessa forma, uma água com temperatura ambiente é muito mais eficaz na lixiviação do solo quando sua temperatura é inferior à temperatura da água.

De acordo com o CPRM (2007, p.1), a “temperatura é a medida da intensidade de calor expresso em uma determinada escala.” Há várias escalas para se medir essa variável, e segundo o autor, uma das mais utilizadas é grau centígrado ou grau Celsius (°C). A temperatura pode ser medida por diferentes dispositivos; o mais comum de ser encontrado é o termômetro, apresentado na Figura 2, nas medições realizadas em qualidade da água utiliza-se preferencialmente o termômetro de álcool.

Figura 2 – Termômetro utilizado para medir temperatura da água e do ar.



Fonte: CPRM, 2007.

De acordo com Branco (1986 citado por FRAVET, 2006), as alterações de temperatura ocorridas no ar e na água estabelecem importantes fatores das reações energéticas e ecológicas aplicadas aos recursos hídricos. A temperatura da água desempenha importante função sobre diversas espécies de organismos aquáticos e sobre o teor de gases dissolvidos na água, principalmente o oxigênio e o gás carbônico.

Segundo a CETESB (2005 citado por FRAVET, 2006), a temperatura exerce um importante papel de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físicos e químicos. Há influência de diversos fatores sobre a temperatura superficial, tais como: latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. Normalmente o aumento na temperatura em um corpo d'água ocorre devido ao despejo de dejetos de origem industrial.

De acordo com Schiavetti (2007 citado por SILVA, 2007), o aumento da temperatura pode ser ocasionado pela poluição térmica, causando aceleração na respiração, nutrição, reprodução e movimentação de seres vivos existentes no corpo d'água; o inverso também ocorre com a queda na temperatura.

2.11.4 Turbidez

É o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a amostra, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias em geral. Um exemplo de aumento na turbidez em uma amostra de um curso d'água é a erosão que ocorre nas margens dos rios em estações chuvosas, tal situação exige manobras operacionais, como por exemplo, alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares, nas estações de tratamento de águas. Outro fator que pode resultar em erosão é o mau uso do solo quando resulta na fixação da vegetação (FRAVET, 2006).

Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas. Um exemplo típico deste fato ocorre em consequência das atividades de mineração, onde os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático (CETESB, 2005 citado por FRAVET, 2006).

Estudos mostram que além do alto teor prejudicar o aspecto da água, seu efeito na proteção física de microorganismos através das partículas que causam a turbidez, acabam apresentando redução na eficiência de tratamentos (SILVA, 2007).

2.11.5 Sólidos solúveis e sólidos suspensos

Altas concentrações de sólidos são danosos aos peixes, podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios causando a decomposição anaeróbica (SILVA, 2007).

Nakayama e Bucks (1986 citado por SANTOS et. al., 2007), estabelecem quantidades permitidas de sólidos suspensos e sólidos solúveis relativas ao potencial de dano que podem causar a operação dos sistemas de irrigação localizada. Para sólidos solúveis se a quantidade presente na amostra for inferior a 500 mg L^{-1} o dano causado no sistema é considerado baixo, se estiver entre 500 e 2.000 mg L^{-1} o dano é médio e se o valor obtido estiver acima de 2.000 mg L^{-1} a concentração de sólidos solúveis presente na amostra é considerada alta em relação ao potencial de dano a operação dos sistemas de irrigação localizada. Para sólidos suspensos se os valores apresentados forem inferiores a 50 mg L^{-1} o dano causado ao sistema é considerado baixo, se estiver entre 50 e 100 mg L^{-1} é considerado médio e se o valor obtido for superior a 100 mg L^{-1} o potencial de dano a operação dos sistemas de irrigação localizada é alto.

2.12 Parâmetros químicos

2.12.1 Demanda química de oxigênio (DQO)

É um parâmetro que se refere à quantidade de oxigênio consumido por materiais/substâncias orgânicas e minerais, que se oxidam quando se encontram em determinadas condições estabelecidas. Ao analisar amostras de um curso d'água a demanda química de oxigênio torna-se um importante parâmetro a ser analisado, pois estima o potencial poluidor (consumidor de oxigênio) de efluentes domésticos e industriais, além de

avaliar o impacto dos mesmos sobre os ecossistemas aquáticos (HANSON, 1973 citado por ROCHA et al., 1990).

O teste de DQO baseia-se no fato de que grande parte dos compostos orgânicos pode ser oxidado pela ação de um agente oxidante forte em meio ácido. Porém, há limitações, uma delas é o fato de que esse parâmetro ao ser analisado não diferencia a matéria orgânica biodegradável da matéria orgânica não biodegradável (DEBERDT, 2007 citado por SILVA, 2007).

2.12.2 Ferro Total

Segundo Esteves (1988 citado por FRAVET, 2006), a presença do ferro em águas superficiais ocorre principalmente devido à decomposição de rochas ricas em ferro e nos solos resultantes dessa decomposição. O ferro, que é um elemento abundante na superfície da terra, e é transportado para os corpos d'água no escoamento das chuvas, devido a esse fato tal variável é encontrada normalmente nos corpos de água.

A presença de ferro em elevadas concentrações se caracteriza como o principal problema de qualidade de água em irrigação localizada e teve no oeste paulista o primeiro relato feito por Hernandez e Petinari (1998) caracterizando uma situação de grave problema, representado pela obstrução de 58,4% da área interna de uma tubulação após apenas 25 meses de uso, impregnada por 0,354 kg de material seco de elevada concentração de ferro por metro de tubo de 50 mm (FRANCO; HERNANDEZ, 2009).

2.12.3 Nitrato (NO_3^-) e Nitrito (NO_2^-)

O nitrato é a forma mais oxidada do nitrogênio; é formado durante a fase final da decomposição biológica. Baixas concentrações de nitrato podem estar presentes em ambientes naturais, porém o nível máximo de nitrato permitido pela Legislação, Resolução nº 357/05 do CONAMA (2005), é de 10 mg L^{-1} .

De acordo com Silva (2007), o nitrito, que é o estado intermediário do nitrato, é formado durante o processo de decomposição da matéria orgânica; tal processo pode ocorrer tanto em águas naturais como em estações de tratamento. A presença de nitrito na água pode indicar decomposição parcial da matéria orgânica e também a presença de bactérias redutoras de nitrato, quando as condições presentes são anaeróbicas. A Legislação, Resolução nº 357/05 do CONAMA (2005) estabelece o valor máximo para a concentração de nitrito de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$.

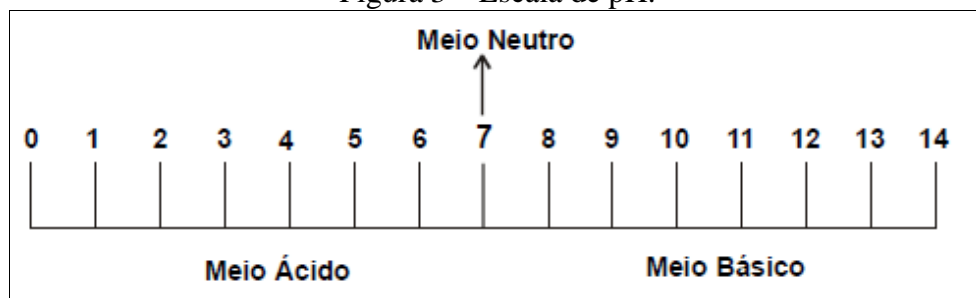
De acordo com Fravet (2006), deve-se salientar que o nitrato pode se transformar em nitrito e o mesmo pode dar origem a substâncias cancerígenas. Sendo assim é importante ressaltar que os produtores devem ser alertados a otimizar o uso de fertilizantes para evitar possíveis problemas de saúde pública.

2.12.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

Segundo Fravet (2006), o valor de pH não indica a quantidade de ácidos encontrados em determinada amostra de água, mas sim a intensidade de acidez ou alcalinidade.

De acordo com o CPRM (2007), o pH é medido potenciometricamente e apresentado em uma escala anti-logarítmica. Tal escala é compreendida entre 0 e 14, indicando se o meio é ácido, neutro ou básico. É uma propriedade expressa unidimensionalmente (sem unidade). A Figura 3, apresentada a seguir, representa a escala para medida do pH.

Figura 3 – Escala de pH.



Fonte: CPRM, 2007.

Segundo Martos (1999), alterações severas do pH de uma água podem causar desaparecimento de seres vivos encontrados na mesma. Se forem encontrados valores fora da faixa recomendada pode haver alteração no sabor e contribuição para corrosão do sistema de distribuição de água o que pode acarretar a extração de ferro e cobre, que dificultam ainda mais a descontaminação das águas, por exemplo.

De acordo com a CETESB (2005 citado por FRAVET, 2006), a influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais ocorre de duas formas, sendo elas direta e indiretamente. Ocorre de forma direta devido os efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies e de forma indireta quando determinadas condições de pH contribuem para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como por exemplo metais pesados, também pode ocorrer devido a outras condições que podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes.

“O pH das águas pode ser alterado pelo despejo de efluentes domésticos e industriais ou pela lixiviação de rochas e da erosão de áreas agrícolas, onde são utilizados corretivos e fertilizantes” (CONTE; LEOPOLDO, 2001 citado por FRAVET, 2006, p. 46).

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Materiais

No desenvolvimento do trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Adaptador para tubo de DQO;
- Álcool 70%;
- Aparelho Aquatester;
- Balança de precisão;
- Balão volumétrico com capacidade para 100 mL;
- Bomba de vácuo;
- Caixa de isopor;
- Caixa de luvas;
- Cápsulas de porcelana;
- Condutivímetro digital modelo DM-31 da DIGMED;
- Cubetas de 0,25 mL e 0,5 mL;
- Discos de vidro corados calibrados com a solução de platina-cobalto;
- Espectrofotômetro - modelo DR2010 HACH;
- Esponja / escova;
- Estufa;
- Etiquetas de identificação;

- Filtro;
 - Frascos de coleta;
 - Funil de Buchner;
 - Gelo reciclável;
 - GPS MAP 60CSx;
 - Kitassato;
 - Máquina fotográfica digital Sony Cyber-shot 12.1 mega pixels;
 - Mufla;
 - Papel absorvente;
 - pHmetro da Digimed - modelo DMPH-2;
 - Piceta com água destilada;
 - Planilhas eletrônicas e gráficas geradas pelos softwares Word® e Excel® (Office 2010 - Windows 7).
- Reagentes: Cat. Nr. 14034.99; Cat. Nr. 2301.66; Cat. Nr. 26083.45 e Cat. Nr. 21258.25;
 - Relógio;
 - Rolhas;
 - Termômetro de álcool;
 - Trena;
 - Tubo COD Digestion Reagent Vial para DQO;
 - Tubos de Nessler.

3.2 Métodos utilizados na pesquisa

O trabalho de campo consistiu em coletar amostras de água do Ribeirão Lavapés – Botucatu-SP no trecho que vai de sua nascente, localizada dentro da Escola do Meio Ambiente até a Fazenda Experimental Lageado - FCA/UNESP.

As amostras foram coletadas semanalmente, nos meses de agosto e setembro de 2011. A análise teve por finalidade identificar os agentes químicos e físicos presentes na água para averiguar se as quantidades encontradas poderiam ou não comprometer um sistema implantado por gotejamento.

Segundo Valente, Padilha e Silva (1997), em cada coleta de água devem ser anotados dados relativos ao horário, temperatura do ar e temperatura da água.

3.2.1 Metodologia aplicada na coleta das amostras

De acordo com Almeida (2010), oscilações na qualidade da água no tempo por influência de fenômenos hidro-geoclimáticos devem ser registradas. A conservação da amostra e o tempo que ela deve demorar a ser analisada influenciarão na confiabilidade dos resultados da análise. O conhecimento da qualidade da água, quando coletada no manancial representativo da área do trabalho, é de extrema importância, uma vez que será utilizada para orientação nas práticas de irrigação e drenagem e na seleção de cultivos, além de possibilitar a classificação para fins de irrigação.

Segundo o autor op cit., a técnica de amostragem varia com a fonte de água e com os objetivos do estudo. Porém, o mesmo descreve recomendações, que foram utilizadas nas coletas de amostras de água do presente trabalho, para o caso de irrigação:

- As amostras de água foram coletadas em garrafas de plástico com capacidade de um litro; houve preferência em utilizar garrafas de plástico, pois certos tipos de garrafa de vidro podem aportar boro à amostra;

- Antes de coletar a amostra, a garrafa como também a tampa foram lavadas três vezes com a mesma água que foi amostrada;

- Após a lavagem a garrafa foi completada totalmente com a água a ser analisada, não se deixando ar livre na garrafa;

- As coletas de água foram realizadas a uma distância de aproximadamente 50 cm da margem do rio e a uma profundidade de 15 cm abaixo da superfície da água, introduzindo a garrafa até atingir a profundidade desejada;

- As amostras de água foram devidamente identificadas com etiquetas, acompanhada de ficha de informação e analisada tão logo possível depois de coletadas, porque mudanças químicas poderiam ocorrer no líquido.

No presente estudo utilizou-se termômetro de álcool para a realização das medições das temperaturas da água e do ar, para obtenção da temperatura o termômetro permaneceu aproximadamente um minuto posicionado no meio desejado (água ou ar), até que o mesmo se encontrasse estabilizado.

3.2.1.1 Frequência de amostragens

As amostragens foram efetuadas num período de 05 semanas, seguindo-se um cronograma, perfazendo um total de 30 amostras.

De acordo com Conte (1992), 10:30 horas é o horário em que ocorre maior concentração de carga poluidora no Ribeirão Lavapés. Observando esse fato o horário estabelecido para a coleta das amostras foi no período da manhã, entre as 8:35 horas e as 10:30 horas.

As amostragens tiveram início em 29/08/2011, com término em 26/09/2011, e foram executadas com intervalos de 7 dias, denominadas coletas ou amostragens semanais. Os horários estabelecidos para a coleta em cada ponto foram: Ponto 1: 8:35 horas; Ponto 2: 8:45 horas; Ponto 3: 9:10 horas; Ponto 4: 9:35 horas; Ponto 5: 10:00 horas e Ponto 6: 10:30 horas.

3.2.1.2 Tipo de amostra

O tipo de amostra empregado na realização do presente trabalho foi o de “amostras simples”.

De acordo com Almeida (2010), amostras simples são aquelas coletadas em tempo e locais determinados para sua análise individual. As análises de componentes sujeitos a mudanças importantes durante a conservação, são realizadas com esse tipo de amostras individuais e o mais rapidamente possível após a coleta, para que o resultado obtido seja o mais preciso e real possível.

3.2.1.3 Conservação da amostra

Na maior parte dos casos, as análises de água não se realizam imediatamente após a coleta da amostra, portanto é necessário o emprego de técnicas de conservação, que mesmo sem conseguir a estabilidade completa de todos os elementos da amostra atrasam as inevitáveis mudanças físicas, químicas e biológicas que nelas se produzem depois da coleta. Em geral, quanto menor for o intervalo de tempo entre a coleta da amostra e sua análise, mais confiável será o resultado desta (ALMEIDA, 2010).

No presente trabalho a técnica de conservação adotada foi a de refrigeração, onde as amostras foram mantidas dentro de uma caixa de isopor, com gelo reciclável a uma temperatura entre 1°C e 4°C, o que preservou a maioria das características físicas e químicas em curto prazo, já que o tempo entre a coleta das amostras e as análises de seus componentes foi de 3 horas e meia.

3.2.2 *Metodologia aplicada na análise das amostras*

A análise das amostras foram realizadas no Laboratório de Recursos Hídricos da FCA / UNESP – Botucatu.

3.2.2.1 Parâmetros físicos

Os parâmetros físicos analisados em laboratório foram: Condutividade elétrica – CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$), cor (uH (PtCo)), sólidos solúveis (mg L^{-1}), sólidos suspensos (mg L^{-1}) e turbidez (FAU).

3.2.2.1.1 Condutividade Elétrica – CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Para a determinação da variável condutividade elétrica (CE) utilizou-se um condutivímetro digital modelo DM-31 da DIGMED, os procedimentos adotados para a análise foram os de acordo com o APHA (1995).

3.2.2.1.2 Cor (uH (PtCo))

A determinação da cor da água contida nas amostras foi realizada utilizando-se o aparelho Aquatester, onde a medida da cor da água foi determinada através da comparação com discos de vidro corados calibrados com a solução de platina-cobalto, a metodologia utilizada foi a descrita em APHA (1995).

Em cada análise foram utilizados dois tubos de Nessler, o primeiro tubo foi cheio com água destilada e o segundo tubo com a água da amostra agitada. Dessa forma foi possível realizar a comparação com a intensidade observando os tubos de cima para baixo contra uma superfície branca disposta de forma que a luz refletida atravessasse longitudinalmente as colunas do líquido contido nas amostras. O disco com vidros corados calibrados com a solução de platina-cobalto foi colocado logo acima dos tubos de Nessler de forma que a coloração presente no disco ficasse disposta em cima do tubo com água destilada, o disco era girado até que se pudesse encontrar um ponto onde a coloração do vidro era a mais próxima da água da amostra.

3.2.2.1.3 Sólidos solúveis (mg L^{-1}) e Sólidos suspensos (mg L^{-1})

Para cada amostra a ser analisada utilizou-se uma cápsula de porcelana e um filtro que foram pesados separadamente em balança de precisão e tiveram seus pesos anotados. A água a ser analisada foi agitada, posteriormente colocou-se 100 mL de amostra para ser filtrada utilizando-se um kitassato e um funil de Buchner, a filtração ocorreu através de vácuo. A água e os sólidos solúveis contidos nela que passaram pelo filtro foram colocados na cápsula que em seguida foi levada à mufla a 600°C por 2 horas, após esfriar, pesou-se novamente em balança de precisão e cálculos foram realizados para que se pudesse obter o peso dos sólidos solúveis. O filtro utilizado foi levado a estufa e após esfriar foi pesado, o valor dos sólidos suspensos também foi obtido através de cálculos (APHA, 1995).

3.2.2.1.4 Turbidez (FAU)

Para medição da turbidez o aparelho utilizado foi um espectrofotômetro modelo DR2010 HACH, utilizou-se método 8237 (método da radiação atenuada; leitura direta) – adaptado de ISO Method 7027, sem a utilização de reagentes.

No aparelho foi selecionado o programa para a turbidez (número 750), o comprimento de onda foi ajustado em 860 nm. Foram utilizadas duas cubetas com capacidade para 25 mL, a primeira foi cheia com água destilada e a segunda com a água amostrada já agitada e homogeneizada. Primeiramente a cubeta com água destilada foi colocada no compartimento de análise e a tampa protetora fechada, a tecla “zero” foi pressionada, desse modo a água destilada se tornou nosso padrão possuindo o valor 0 (zero) FAU. Posteriormente a cubeta com a água amostrada foi colocada no compartimento de análise e a tampa protetora fechada, foi pressionada a tecla “read” e a leitura da turbidez para a amostra foi realizada.

3.2.2.2 Parâmetros químicos

Os parâmetros químicos analisados em laboratório foram: Demanda química de oxigênio – DQO (mg L^{-1}), ferro total (mg L^{-1}), nitrato - NO_3^- (mg L^{-1}), nitrito - NO_2^- (mg L^{-1}) e potencial hidrogeniônico (pH).

3.2.2.2.1 Demanda química de oxigênio – DQO (mg L^{-1})

Para medição da demanda química de oxigênio – DQO utilizou-se um espectrofotômetro modelo DR2010 HACH, método 8000 (Reactor Digestion Method). Adaptado de Jirka, A. M.; Carter M.J. *Analytical Chemistry*, 1975, 47(8) 1937. Federal Register, April 21, 1980, 45(78), 26811-26812. Aprovado pela USEPA para reportar análise de efluente.

Os reagentes utilizados para a realização da análise foram: Cat. Nr. 21258.25 para 0-150 mg/L COD, Cat. Nr. 21259.25 para 0-1500 mg/L COD e Cat. Nr. 24159.25 para 0-15000mg/L COD

Homogeneizou-se 100 mL de água amostrada que posteriormente foi colocada em um béquer com capacidade para 250 mL – o béquer foi agitado.

O reator de DQO foi aquecido a uma temperatura de 150°C .

A tampa do tubo COD Digestion Reagent Vial apropriado para a faixa de análise foi removido, mantendo o tubo inclinado a um ângulo de 45° foi adicionado 2,00 mL de amostra. O tubo foi tampado firmemente, invertido algumas vezes e colocado no reator de DQO.

2 mL de água destilada foi separado.

Os tubos foram aquecidos por duas horas, após desligamento do reator esperou-se aproximadamente vinte minutos para que os tubos atingissem 120°C .

Os tubos foram invertidos várias vezes enquanto estavam quentes, posteriormente foram colocados em um rack até atingirem temperatura ambiente.

No aparelho foi selecionado o programa para leitura da demanda química de oxigênio (número 430), o comprimento de onda foi ajustado em 420 nm. Foi colocado o adaptador para tubo de DQO no compartimento de cubetas. Primeiramente a cubeta com água destilada foi colocada no compartimento de análise e a tampa protetora fechada, a tecla “zero” foi pressionada, desse modo a água destilada se tornou nosso padrão possuindo o valor 0 (zero) mg L^{-1} . Posteriormente o tubo de DQO foi colocado no compartimento de análise e a tampa protetora fechada, pressionou-se a tecla “read” e o valor da DQO foi obtido.

3.2.2.2.2 Ferro total (mg L^{-1})

Para medição do ferro total utilizou-se um espectrofotômetro modelo DR2010 HACH, foi utilizado o método 8147 (Ferrozine Method). Adaptado de Stookey, L.L., *Anal. Chem.*, 42 (7) 779 (1970). Utilizou-se reagente Cat. Nr. 2301.66 para a análise.

No aparelho selecionou-se o programa para ferro total (número 260), o comprimento de onda foi ajustado em 562 nm. Foram utilizadas duas cubetas com capacidade para 25 mL, a primeira foi cheia com água destilada e a segunda com a água amostrada já agitada e homogeneizada onde foi adicionado 0,5 mL de Ferrozine Iron Reagent Solution, cinco minutos foram aguardados para que o reagente pudesse se dissolver a amostra. Primeiramente a cubeta com água destilada foi colocada no compartimento de análise e a tampa protetora fechada, a tecla “zero” foi pressionada, desse modo a água destilada se tornou nosso padrão possuindo o valor 0 (zero) mg L⁻¹. Posteriormente a cubeta com a água amostrada (com reagente) foi colocada no compartimento de análise e a tampa protetora fechada, foi pressionada a tecla “read” e a leitura do ferro total para a amostra foi realizada.

3.2.2.2.3 Nitrato - NO₃⁻ (mg L⁻¹)

Para medição do nitrato o aparelho utilizado foi um espectrofotômetro modelo DR2010 HACH, utilizou-se método 8039 (Cadmium Reduction Method) e reagente Cat. Nr. 14034.99

No aparelho foi selecionado o programa para o nitrato (número 355), o comprimento de onda foi ajustado em 500 nm. Foram utilizadas duas cubetas com capacidade para 25 mL, a primeira foi cheia com água destilada e a segunda com a água amostrada e homogeneizada onde foi despejado o reagente NitraVer 5 Nitrate Reagent Powder Pillow, a cubeta foi tampada com uma rolha e agitada por 1 minuto, posteriormente esperou-se 5 minutos para reação. A cubeta com água destilada foi colocada no compartimento de análise e a tampa protetora fechada, pressionou-se a tecla “zero”, desse modo a água destilada se tornou nosso padrão possuindo o valor 0 (zero) mg L⁻¹. Após sofrer reação a cubeta cheia com a água da amostra foi colocada no compartimento de análise e a tampa protetora fechada, após pressionada a tecla “read” a leitura do nitrato foi realizada.

3.2.2.2.4 Nitrito - NO₂⁻ (mg L⁻¹)

Para realizar a análise referente à variável nitrito o aparelho utilizado foi um espectrofotômetro modelo DR2010 HACH, utilizou-se método 8507 (Diazotization Chromotropic Acid Method). Adaptado de *Federal Register* 44 (85) 35505 (may 1, 1979). Utilizou-se o reagente Cat. Nr. 26083.45.

No aparelho foi selecionado o programa para o nitrito (número 345), o comprimento de onda foi ajustado em 507 nm. Foram utilizadas duas cubetas com capacidade de 5 mL para cada análise, a primeira cubeta foi cheia com água destilada e a segunda com a água amostrada já agitada e homogeneizada onde foi despejado o reagente NitriVer 3 Nitrite Vial, a cubeta foi agitada, posteriormente esperou-se 20 minutos para reação. Primeiramente a cubeta com água destilada foi colocada no compartimento de análise e a tampa protetora fechada, a tecla “zero” foi pressionada, desse modo a água destilada se tornou nosso padrão possuindo o valor 0 (zero) mg L⁻¹. Posteriormente a cubeta com a água amostrada (com reagente) foi colocada no compartimento de análise e a tampa protetora fechada, foi pressionada a tecla “read” e a leitura do nitrito foi realizada.

3.2.2.2.5 Potencial hidrogeniônico (pH)

As leituras de pH foram realizadas com a utilização de um medidor de pH (pHmetro) da Digimed, modelo DMPH-2, com leitura direta, os procedimentos adotados para a análise foram os de acordo com o APHA (1995).

3.3 Estudo de caso

O estudo de caso foi desenvolvido na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lavapés, que segundo Nagy (2008), considerando sua descarga na Represa da Barra Bonita, está localizada entre as coordenadas 22° 43' 12'' a 22° 56' 3'' S e 48° 22' 36'' a 48° 29' 43'' W, no município de Botucatu, na região Centro-Sul do Estado de São Paulo, ocupando uma área de aproximadamente 107,71 km².

A área de estudo está compreendida em três regiões fisiográficas distintas, que são respectivamente: Depressão Periférica, Front da Cuesta e Reverso da Cuesta (ZIMBACK, 2008).

3.3.1 Caracterização geral da área de estudo

O relevo do município apresenta três regiões distintas: a da baixada, a de transição entre a baixada e as elevações, e a região serrana. A região da baixada ocupa as áreas compreendidas entre os contrafortes da serra e o Rio Tietê. Suas altitudes são modestas, variando entre 400 e 600 metros acima do nível do mar. É irregular, apresentando colinas

suaves. Por entre elas correm os tributários do Rio Tietê que cortam nosso município: Araquá, Lavapés, Capivara, Alambari, entre outros (FIGUEIROA, 2007).

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lavapés, possui sua nascente no alto da Cuesta, ao sul da mancha urbana do município e, ao longo de seus 29 km de extensão, atravessa-a e corre em direção ao norte, desembocando suas águas na represa de Barra Bonita / Rio Tietê (NICOLETE et al., 2010).

De acordo com Cunha e Martins (2009), o clima local predominante classificado segundo o sistema de Köppen é do tipo Cfa – clima temperado quente (mesotérmico) úmido – com temperatura média anual de 20,3°C, temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e índice médio pluvial anual de 1.428 mm.

3.3.2 *Os pontos de coleta das amostras*

A seleção dos pontos onde foram realizadas as coletas de amostras de água para as análises físicas e químicas foi estabelecida utilizando-se o critério de distância e facilidade de acesso.

Os pontos selecionados possuem a seguinte descrição:

Ponto 1: Nascente do Ribeirão Lavapés, apresentada na Figura 4, localizada dentro da Escola do Meio Ambiente (EMA), Estrada Municipal Ítalo Bacchi, Jardim Aeroporto. O primeiro ponto de coleta possui localização geográfica 22°55'53'' S e 48°27'50'' W.

Figura 4 – Ponto 1 para coleta da água, nascente do Ribeirão Lavapés.



Ponto 2: Ribeirão Lavapés represado, apresentado na Figura 5 e Figura 6, dentro da Escola do Meio Ambiente, Estrada Municipal Ítalo Bacchi, Jardim Aeroporto. O segundo ponto de coleta possui localização geográfica 22°55'42'' S e 48°27'47'' W.

Figura 5 – Ribeirão Lavapés represado.



Figura 6 – Ponto 2 para coleta de amostra da água.



Ponto 3: Ribeirão Lavapés, a jusante da ponte que dá acesso a Cohab, apresentado na Figura 7 e Figura 8, Rua Curuzu, próximo ao Auto Posto Ipiranga, Bairro Lavapés. O terceiro ponto de coleta possui localização geográfica $22^{\circ}54'48''$ S e $48^{\circ}26'54''$ W.

Figura 7 – Ribeirão Lavapés no trajeto ao lado da Rua Curuzu, próximo ao Auto Posto Ipiranga.



Figura 8 – Ponto 3 para coleta de amostra da água.



Ponto 4: Ribeirão Lavapés próximo a ponte que dá acesso ao Bairro Alto através da Rua Siqueira Campos, próximo a churrascaria Tabajara, apresentado na Figura 9 e Figura 10. O quarto ponto de coleta possui localização geográfica $22^{\circ}53'08''$ S e $48^{\circ}26'34''$ W.

Figura 9 – Ponte que dá acesso ao Bairro Alto através da Rua Siqueira Campos.



Figura 10 – Ponto 4 para coleta de amostra da água.



Ponto 5: Ribeirão Lavapés, apresentado na Figura 11 e Figura 12, próximo ao antigo Matadouro Municipal, após junção com o córrego Tanquinho. O quinto ponto de coleta possui localização geográfica $22^{\circ}52'43''$ S e $48^{\circ}26'49''$ W.

Figura 11 – Ponte localizada próxima ao antigo Matadouro Municipal, na Avenida Paula Vieira.



Figura 12 – Ponto 5 para coleta de amostra da água.



Ponto 6: Ribeirão Lavapés dentro da Fazenda Experimental Lageado FCA/UNESP, antes da estação de tratamento de água, apresentado na Figura 13 e Figura 14. O sexto ponto de coleta possui localização geográfica 22°50'70'' S e 48°25'67'' W.

Figura 13 – Ponte localizada dentro da Fazenda Experimental Lageado FCA/UNESP.



Figura 14 – Ponto 6 para coleta de amostra da água.



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os parâmetros físicos e os parâmetros químicos encontrados nas 30 amostras analisadas em coletas semanais no período de 29 de agosto a 26 de setembro de 2011, foram obtidos os seguintes resultados:

4.1 Parâmetros físicos

Os parâmetros físicos analisados na realização do presente trabalho foram: condutividade elétrica – CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$), cor (uH (PtCo)), sólidos solúveis (mg L^{-1}), sólidos suspensos (mg L^{-1}), temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) e turbidez (FAU).

4.1.1 Condutividade elétrica – CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

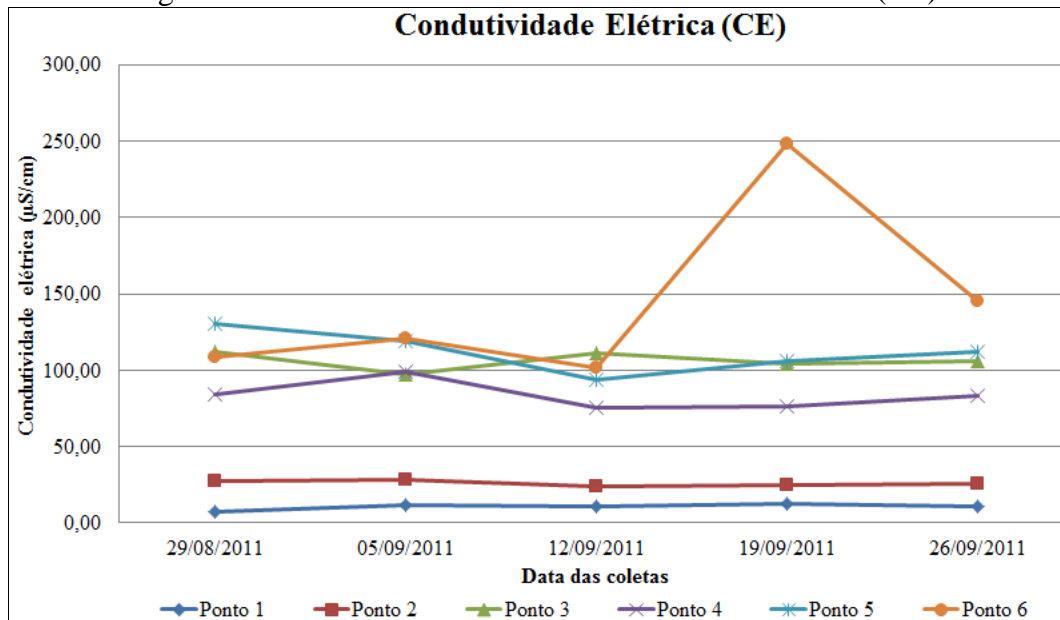
Na Tabela 2 são apresentados os valores obtidos através da análise das amostras referentes à variável condutividade elétrica.

Tabela 2 – Resultado da variável Condutividade Elétrica (CE).

	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)				
	29/08/2011	05/09/2011	12/09/2011	19/09/2011	26/09/2011
Ponto 1	7.43	11.70	10.80	12.80	10.68
Ponto 2	27.41	28.59	23.90	24.40	26.08
Ponto 3	112.40	96.89	111.20	103.90	106.09
Ponto 4	84.00	98.59	75.00	76.50	83.52
Ponto 5	130.40	119.20	93.60	106.00	112.30
Ponto 6	108.90	121.20	101.70	248.00	144.95

Segundo CETESB (2005 citado por FRAVET, 2006), na medida em que os sólidos dissolvidos são adicionados à água a condutividade elétrica aumenta, se os valores obtidos forem elevados podem indicar características corrosivas. Analisando a Figura 15 pode-se observar que somente os pontos um e dois de coleta apresentaram valores para a condutividade elétrica relativamente baixos. Se os valores obtidos forem superiores a 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ outros fatores, tais como: esgoto doméstico, fertilidade do solo da região, utilização de insumos agrícolas, etc., devem ser analisados, pois tais fatores podem influenciar nos resultados obtidos. Dessa forma há necessidade de realização de uma análise mais específica para verificar qual a possível fonte responsável por altos valores nos pontos três, quatro, cinco e seis.

Figura 15 – Resultado da variável Condutividade Elétrica (CE).



Seguindo a metodologia proposta onde às amostragens foram coletadas foi possível analisar na Figura 15 que no ponto de coleta número seis, no trecho localizado no último ponto, durante a quarta semana de coleta, foi observada uma variação de natureza especial nos resultados da análise no valor de 248 $\mu\text{S}/\text{cm}$, isso se deve pelo fato de ter havido deposição de dejetos orgânicos no momento em que a coleta foi realizada. Tal valor é preocupante segundo Fravet (2006), que afirma que níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ geralmente indicam ambientes impactados.

Uma semana após ter havido deposição de dejetos orgânicos no ponto seis, foi observada uma queda significativa no valor da condutividade elétrica contida na amostra de

água coletada, o que demonstra a capacidade de regeneração do ribeirão. O material orgânico que não é depositado e incorporado ao solo provavelmente se dilui na água corrente.

4.1.2 Cor (uH (PtCo))

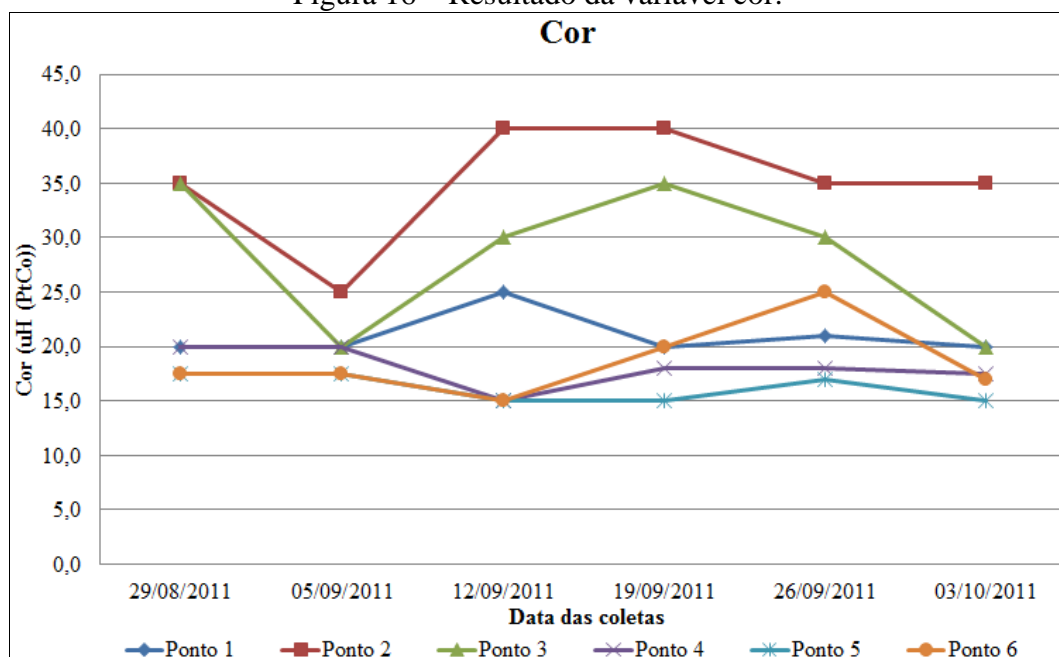
Na Tabela 3 são expressos os valores obtidos referentes à variável cor.

Tabela 3 – Resultado da variável cor.

Cor (uH (PtCo))					
	29/08/2011	05/09/2011	12/09/2011	19/09/2011	26/09/2011
Ponto 1	20.0	20.0	25.0	20.0	21.0
Ponto 2	35.0	25.0	40.0	40.0	35.0
Ponto 3	35.0	20.0	30.0	35.0	30.0
Ponto 4	20.0	20.0	15.0	18.0	18.0
Ponto 5	17.5	17.5	15.0	15.0	17.0
Ponto 6	17.5	17.5	15.0	20.0	25.0

De acordo com os dados relativos a cor obtidos nas coletas, que são expressos na Figura 16, os pontos que apresentaram alto valor uH (PtCo) na coloração foram ponto dois e ponto três. De forma geral durante o período de coleta a coloração da água sofreu uma considerável variação, isso pode ser fator resultante das alterações que ocorrem nas condições climáticas na cidade de Botucatu.

Figura 16 – Resultado da variável cor.



É possível observar que na coleta realizada no dia 05/09/2011 a coloração da água se manteve estável ou sofreu queda se comparada nas demais semanas, isso aconteceu devido à chuva ocorrida na noite anterior à coleta, tal fato é confirmado por Müller, Paulus e Barcelos (2000) que afirmam que a água da chuva provoca lavagem ou lixiviação de nutrientes do solo.

A CETESB (2002), afirma que geralmente o maior problema relacionado a coloração da água não está relacionado a qualidade da mesma, mas sim ao fator estético, pois causa um efeito repulsivo aos consumidores.

4.1.3 Sólidos solúveis ($mg L^{-1}$)

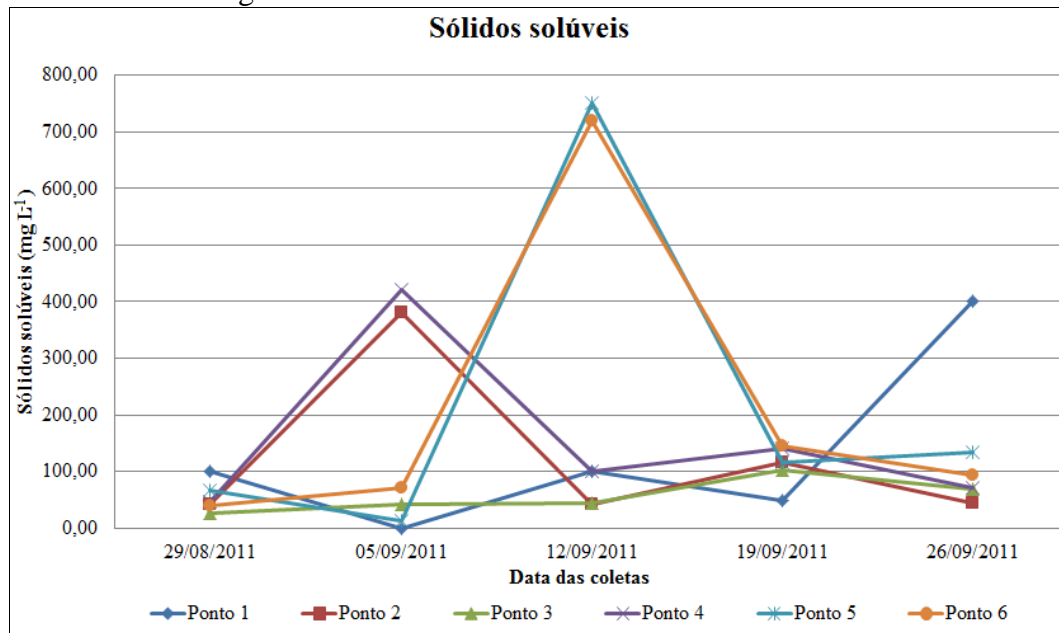
Na Tabela 4 são apresentados os valores obtidos através da análise das amostras referentes à variável sólidos solúveis.

Tabela 4 – Resultado da variável sólidos solúveis.

	Sólidos solúveis ($mg L^{-1}$)				
	29/08/2011	05/09/2011	12/09/2011	19/09/2011	26/09/2011
Ponto 1	100,00	0,00	101,00	49,00	400,00
Ponto 2	41,00	380,00	42,00	115,00	45,00
Ponto 3	26,00	42,00	44,00	102,00	68,00
Ponto 4	47,00	420,00	101,00	141,00	72,00
Ponto 5	67,00	12,00	750,00	116,00	134,00
Ponto 6	40,00	72,00	720,00	144,00	93,00

De acordo com Nakayama e Bucks (1986 citado por SANTOS et al., 2007), se a quantidade de sólidos dissolvidos presentes na amostra for inferior a $500 mg L^{-1}$ o valor é considerado baixo, se o valor de concentração de sólidos dissolvidos estiver inserido entre 500 e $2.000 mg L^{-1}$ a amostra apresenta um valor médio; valores acima de $2.000 mg L^{-1}$ são considerados altos em relação ao potencial de dano a operação dos sistemas de irrigação localizada. Adotando esse critério de avaliação é possível afirmar que 100% dos dados apresentados na Figura 17 não possuem valores significativamente elevados de sólidos solúveis presentes na água que resultariam em um alto potencial de dano na operação de um sistema de irrigação localizada.

Figura 17 – Resultado da variável sólidos solúveis.



Segundo Silva (2007), o excesso na quantidade de sólidos dissolvidos presentes na água pode resultar em alterações de sabor e problemas de corrosão, o autor ainda diz que altas concentrações de sólidos são danosos aos peixes e podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios causando a decomposição anaeróbica.

4.1.4 Sólidos suspensos ($mg L^{-1}$)

A Tabela 5 apresenta os valores obtidos através da análise das amostras referentes à variável sólidos suspensos.

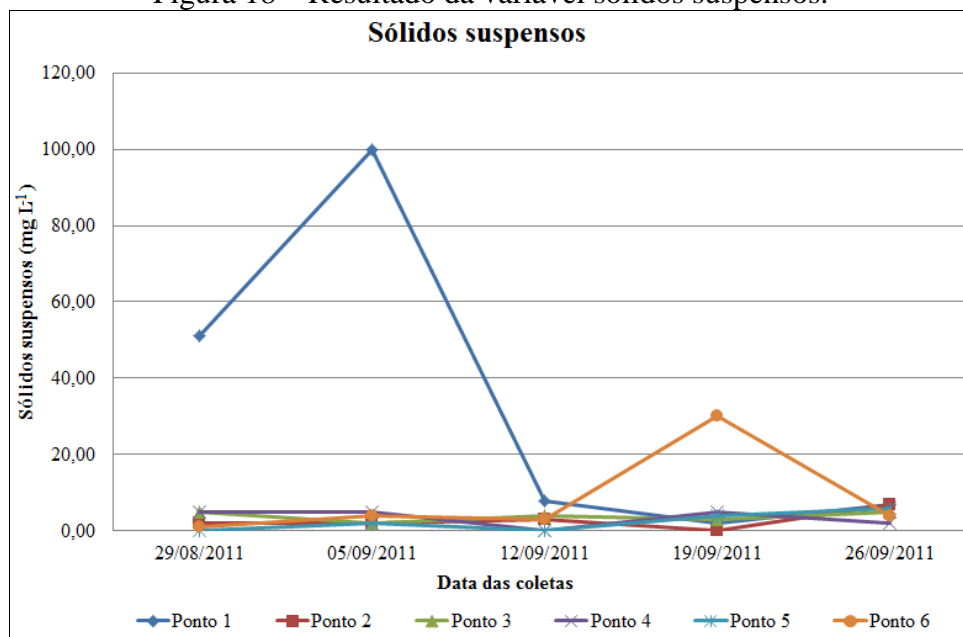
Tabela 5 – Resultado da variável sólidos suspensos.

	Sólidos suspensos ($mg L^{-1}$)				
	29/08/2011	05/09/2011	12/09/2011	19/09/2011	26/09/2011
Ponto 1	51,00	100,00	8,00	2,00	7,00
Ponto 2	2,00	2,00	3,00	0,00	7,00
Ponto 3	5,00	2,00	4,00	3,00	5,00
Ponto 4	5,00	5,00	0,00	5,00	2,00
Ponto 5	0,00	2,00	0,00	4,00	6,00
Ponto 6	1,00	4,00	3,00	30,00	4,00

Analisando a Figura 18 observou-se que nas duas primeiras semanas de coleta, 29/08/2011 e 05/09/2011 respectivamente, foi apresentada alta concentração de sólidos suspensos contidas nas amostras coletadas no ponto um (nascente do ribeirão localizada

dentro da Escola do Meio Ambiente), tal variação ocorreu, pois houve dificuldade na realização da coleta de água devido ao difícil acesso a um ponto onde a água pudesse ser coletada de forma que não houvesse captação de grande quantidade de sólidos juntamente com a amostra, tal problema foi solucionado a partir da terceira semana de coleta, onde foi realizada uma abertura para que a água pudesse ser coletada sem captação de grande quantidade de sólidos juntamente com a amostra, o que resultou na queda expressiva de quantidade de sólidos suspensos presentes na amostra.

Figura 18 – Resultado da variável sólidos suspensos.



Nos demais pontos e datas de coleta o ribeirão mostrou-se com comportamento estável, não apresentando grandes variações na quantidade de sólidos suspensos contidos nas amostras de águas coletadas, exceto na quarta semana de coleta (19/09/2011), no ponto seis, que apresentou o valor de 30,00 mg L⁻¹ que é consideravelmente alto se comparado com os valores obtidos para o mesmo ponto nas demais semanas de coleta, isso se deve ao fato de ter havido deposição de dejetos orgânicos na presente data no momento em que a coleta foi realizada.

Segundo Nakayama e Bucks (1986 citado por SANTOS et al., 2007), para a variável sólidos suspensos se os valores obtidos através da análise de amostras forem inferiores a 50 mg L⁻¹, a concentração de sólidos suspensos é considerada baixa; caso o valor obtido esteja inserido entre 50 e 100 mg L⁻¹ a quantidade de sólidos em suspensão contidos na amostra é considerada média, por fim, se o valor obtido for superior a 100 mg L⁻¹ a quantidade de

sólidos em suspensão contidos na amostra é considerado alto em relação ao potencial de dano a operação dos sistemas de irrigação localizada. Seguindo esse critério de avaliação foi possível verificar que 100% das amostras analisadas não oferecem risco em relação ao potencial de dano a operação dos sistemas de irrigação localizada.

4.1.5 *Temperatura (°C)*

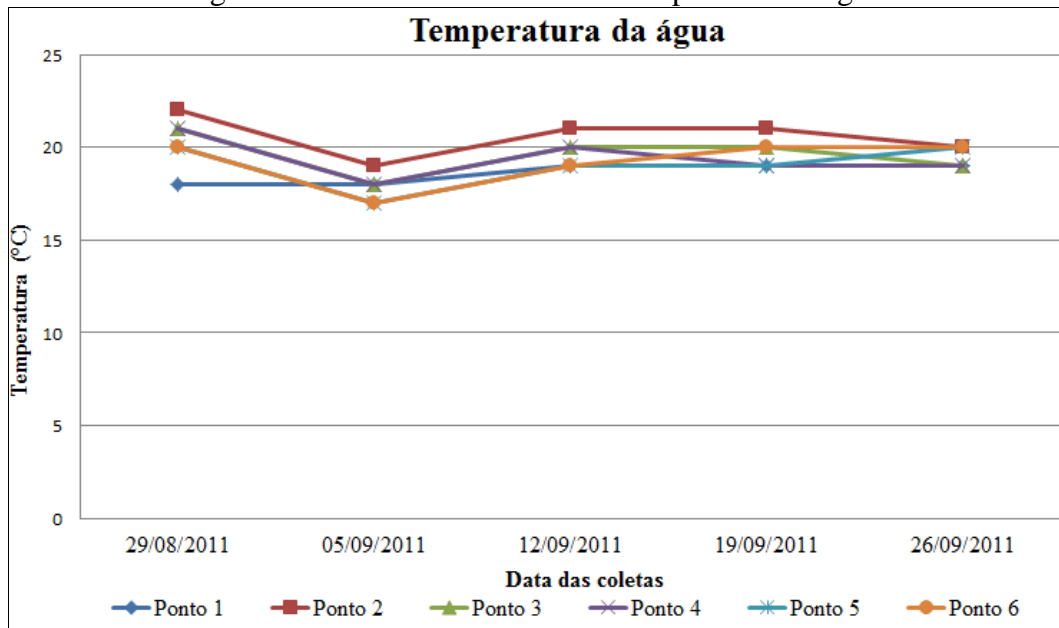
São apresentados na Tabela 6 os valores obtidos para a variável temperatura da água.

Tabela 6 – Resultado da variável temperatura da água.

Temperatura da água (°C)					
	29/08/2011	05/09/2011	12/09/2011	19/09/2011	26/09/2011
Ponto 1	18	18	19	19	19
Ponto 2	22	19	21	21	20
Ponto 3	21	18	20	20	19
Ponto 4	21	18	20	19	19
Ponto 5	20	17	19	19	20
Ponto 6	20	17	19	20	20

Analisando a Figura 19 foi observado que não houve grandes variações na temperatura da água analisada nas datas de coletas. Na segunda semana de coleta (05/09/2011) as temperaturas registradas, em todos os pontos, exceto no ponto um, apresentaram uma pequena queda se comparadas com as demais datas de coleta, tal fato se deve a ocorrência de chuva que houve na noite anterior a coleta de água.

Figura 19 – Resultado da variável temperatura da água.



Na maior parte do período de análise e coleta das amostras o ponto 1 apresentou menores temperaturas registradas se comparado com os demais pontos de coleta, isso se deve ao fato da nascente do Ribeirão Lavapés ser localizada dentro de uma mata fechada, onde há maior quantidade de sombra devido a grande existência de vegetação na área, proporcionando um ambiente mais úmido e fresco.

Ainda analisando a Figura 19 foi possível observar que no ponto dois houve maior ocorrência de temperaturas elevadas registradas, tal fato ocorreu devido à localização do ponto dois ser uma área represada do Ribeirão Lavapés, onde há pouca concentração de mata e sombra nas margens do curso d'água, resultando numa grande incidência de luz solar e consequentemente temperaturas elevadas.

As médias de temperatura da água registradas nos pontos de coleta durante todo o período de análise foram: Ponto 1: 18,6°C; Ponto 2: 20,6°C; Ponto 3: 19,6°C; Ponto 4: 19,4°C; Ponto 5: 19°C e Ponto 6: 19,2°C.

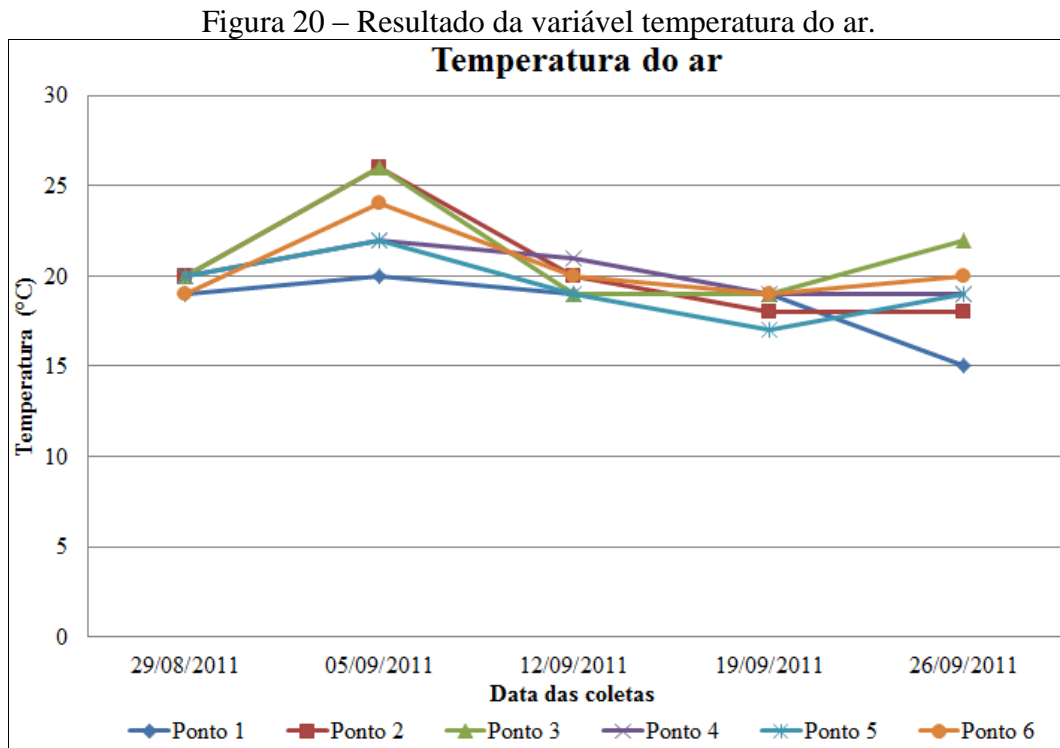
Com base nas médias de temperatura de água obtidas em cada ponto de coleta observou-se que o ponto um e o ponto dois, embora possuam localização relativamente próxima, são os pontos que possuem maior diferença de temperatura, sendo que a média de temperatura da água obtida para o ponto um foi de 18,6°C e para o ponto dois 20,6°C, dessa forma é possível afirmar que as condições do ambiente que rodeia a área analisada possuem grande influência nos resultados obtidos para a variável temperatura da água.

São apresentados na Tabela 7 os valores obtidos referentes à variável temperatura do ar.

Tabela 7 – Resultado da variável temperatura do ar.

Temperatura do ar (°C)					
	29/08/2011	05/09/2011	12/09/2011	19/09/2011	26/09/2011
Ponto 1	19	20	19	19	15
Ponto 2	20	26	20	18	18
Ponto 3	20	26	19	19	22
Ponto 4	20	22	21	19	19
Ponto 5	20	22	19	17	19
Ponto 6	19	24	20	19	20

Analisando a Figura 20 observou-se maior variação nas temperaturas registradas nas cinco semanas de coleta, se comparadas com as temperaturas da água obtidas da coleta de dados e expressas na Figura 19.



A maior temperatura do ar registrada ocorreu na segunda semana (05/09/2011), nos pontos dois e três, expressando o valor de 26°C e a menor temperatura registrada ocorreu na última semana de coleta (26/09/2011), no ponto um, registrando a temperatura de 15°C.

As médias de temperatura do ar registradas nos pontos de coleta durante todo o período de análise foram: Ponto 1: 18,4°C; Ponto 2: 20,4°C; Ponto 3: 21,2°C; Ponto 4: 20,2°C; Ponto 5: 19,4°C e Ponto 6: 20,4°C.

Analisando as médias de temperatura do ar registradas em cada ponto de coleta observou-se que embora os pontos sejam pertencentes a um trajeto localizado dentro de uma única cidade há variação superior a 2°C, de acordo com a CETESB (2005 citado por FRAVET, 2006), fatores como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade alteram a temperatura do meio, dessa forma é possível afirmar que as variações de temperatura do ar registradas ocorreram devido ao fato de Botucatu não ser uma cidade plana, tal afirmação é confirmada por Figueiroa (2007), que relata que o relevo do município de Botucatu apresenta três regiões distintas, sendo elas respectivamente, a da baixada, a de transição entre a baixada e as elevações, e a região serrana, com altitudes variando entre 400 e 600 metros acima do nível do mar, o relevo é irregular, apresentando colinas suaves.

A média total de temperatura do ar obtida no período de coleta, considerando todos os pontos analisados foi de 20°C, o que condiz com a afirmação de Cunha e Martins (2009), que afirmam que a temperatura média anual da cidade é de 20,3°C.

4.1.6 *Turbidez (FAU)*

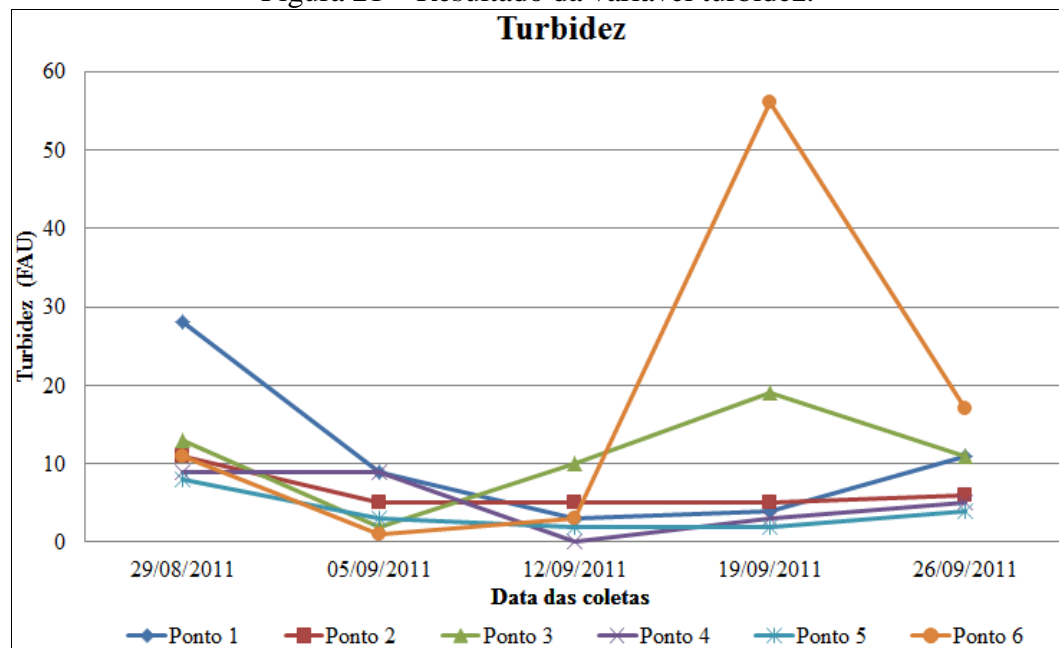
A Tabela 8 apresenta os valores obtidos referentes à variável turbidez.

Tabela 8 – Resultado da variável turbidez.

	Turbidez (FAU)				
	29/08/2011	05/09/2011	12/09/2011	19/09/2011	26/09/2011
Ponto 1	28	9	3	4	11
Ponto 2	11	5	5	5	6
Ponto 3	13	2	10	19	11
Ponto 4	9	9	0	3	5
Ponto 5	8	3	2	2	4
Ponto 6	11	1	3	56	17

A Figura 21 está relacionada ao grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofreu ao atravessar a amostra.

Figura 21 – Resultado da variável turbidez.



Analisando a Figura 21 foi observado que na quarta coleta, realizada no dia 19/09/2011, o ponto seis, localizado dentro da Fazenda Experimental Lageado FCA/UNESP, apresentou alto nível de turbidez expressando o valor de 56 FAU, isso se deve pelo fato de na presente data ter ocorrido deposição de dejetos orgânicos no momento em que a coleta foi realizada, o que resultou no aumento da turbidez da água, tal fato é confirmado pela CETESB (2005 citado pro FRAVET, 2006), que afirma que os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas. Tal fato é preocupante, pois segundo Silva (2007), foi comprovado através de estudos realizados que o alto teor de turbidez além de prejudicar o aspecto da água acaba apresentando redução na eficiência de tratamentos.

Nas demais datas os dados relativos à turbidez da água coletada não apresentaram variação significativa. Após o valor de 56 FAU obtido na amostra coletada no ponto seis da quarta semana de coleta, o maior valor para a turbidez foi de 28 FAU, relativo ao ponto um, na primeira semana de coleta, a ocorrência de tal fato se deve a dificuldade na realização da coleta de água devido ao difícil acesso a um ponto onde a água pudesse ser coletada de forma onde não houvesse captação de grande quantidade de sólidos juntamente com a amostra, tal fato é confirmado por Fravet (2006), que afirma que a presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas, como por exemplo, areia, silte e argila, resultam no aumento da turbidez da água.

4.2 Parâmetros Químicos

Os parâmetros químicos que foram analisados na realização do presente trabalho foram: demanda química de oxigênio – DQO (mg L^{-1}), ferro total (mg L^{-1}), nitrato - NO_3^- (mg L^{-1}), nitrito - NO_2^- (mg L^{-1}) e potencial hidrogeniônico (pH).

4.2.1 Demanda química de oxigênio – DQO (mg L^{-1})

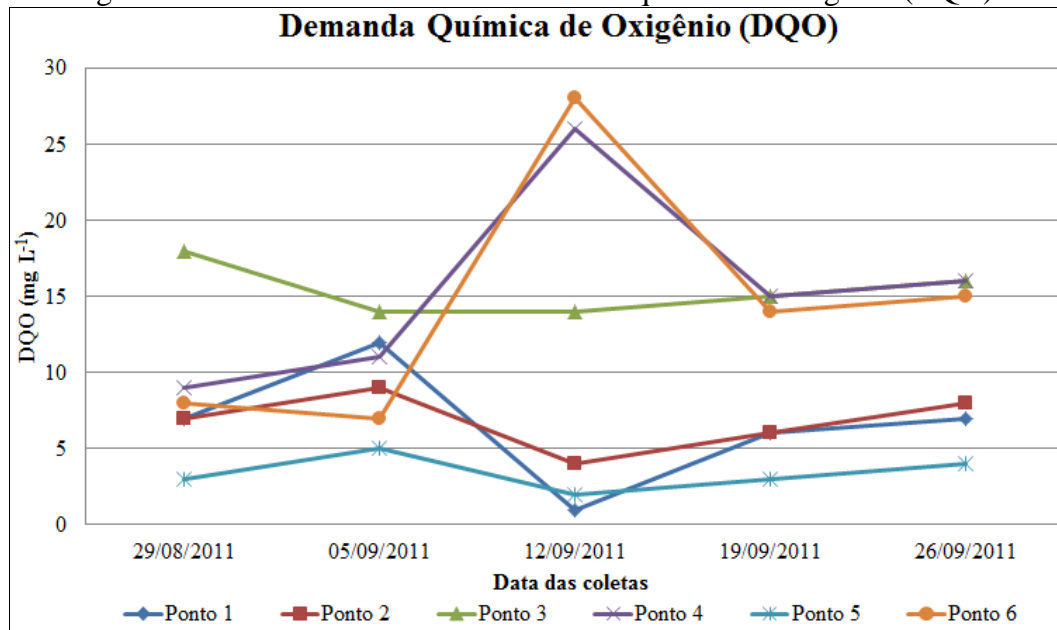
São apresentados na Tabela 9 os valores obtidos através da análise das amostras referentes à variável DQO.

Tabela 9 – Resultado da variável demanda química de oxigênio (DQO).

	DQO (mg L^{-1})				
	29/08/2011	05/09/2011	12/09/2011	19/09/2011	26/09/2011
Ponto 1	7	12	1	6	7
Ponto 2	7	9	4	6	8
Ponto 3	18	14	14	15	16
Ponto 4	9	11	26	15	16
Ponto 5	3	5	2	3	4
Ponto 6	8	7	28	14	15

Na Figura 22 são expressos dados relativos a demanda química de oxigênio (DQO), que é um parâmetro referente à quantidade de oxigênio que é consumido por materiais ou substâncias orgânicas e minerais, que se oxidam quando se encontram em determinadas condições (HANSON, 1973 citado por ROCHA et al., 1990).

Figura 22 – Resultado da variável demanda química de oxigênio (DQO).



Analisando a Figura 22, foi observado que o ponto três e o ponto quatro de coleta apresentaram valores relativamente altos na demanda química de oxigênio na maior parte do período estudado, expressando a média de 15 mg L^{-1} , seguidos pelo ponto seis com a média de 14 mg L^{-1} .

Na terceira semana de coleta (12/09/2011) os pontos quatro e seis apresentaram valores acima de 25 mg L^{-1} , o aumento nos valores relativos a demanda química de oxigênio podem ser resultante de um aumento na quantidade de efluentes domésticos e/ou industriais despejados no ribeirão, tal fato é confirmado por Hanson (1973 citado por ROCHA et al., 1990), relatando que na realização de análises de amostras de um curso d'água a variável demanda química de oxigênio é um importante parâmetro a ser analisado devido ao fato de estimar o potencial poluidor que é consumidor de oxigênio, de efluentes domésticos e industriais, além de avaliar o impacto dos mesmos sobre os ecossistemas aquáticos.

4.2.2 Ferro Total (mg L^{-1})

A Tabela 10 apresenta os resultados obtidos através da análise das amostras referentes a variável ferro total.

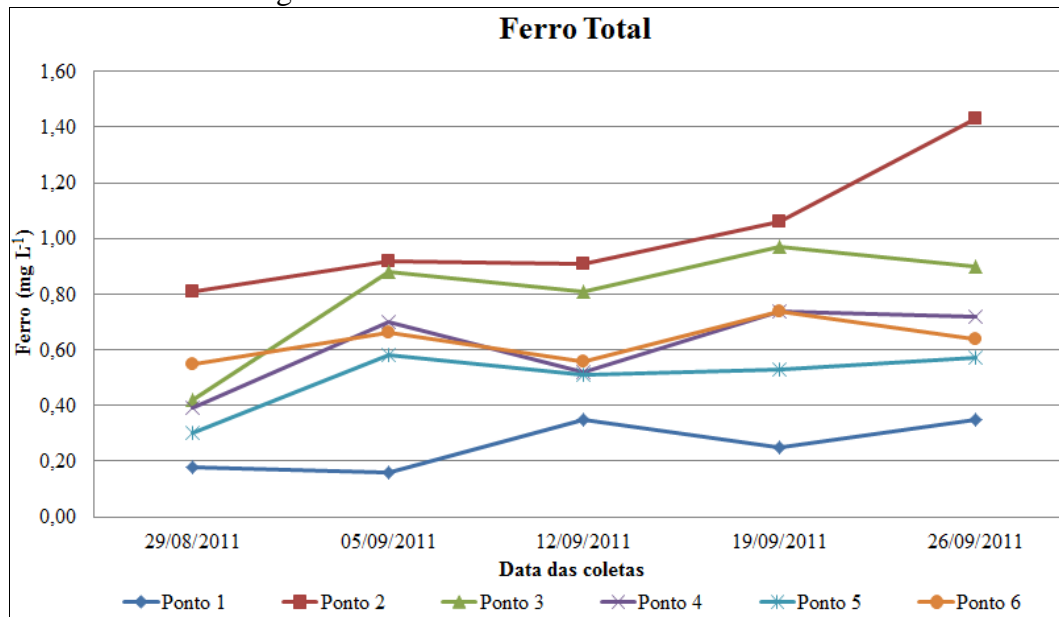
Tabela 10 – Resultado da variável ferro total.

Ferro total (mg L⁻¹)					
	29/08/2011	05/09/2011	12/09/2011	19/09/2011	26/09/2011
Ponto 1	0.18	0.16	0.35	0.25	0.35
Ponto 2	0.81	0.92	0.91	1.06	1.43
Ponto 3	0.42	0.88	0.81	0.97	0.90
Ponto 4	0.39	0.70	0.52	0.74	0.72
Ponto 5	0.30	0.58	0.51	0.53	0.57
Ponto 6	0.55	0.66	0.56	0.74	0.64

De acordo com Hernandez e Petinari (1998 citado por FRANCO; HERNANDEZ, 2009), a presença de ferro contida em elevadas concentrações presente na água que será utilizada para fins como a irrigação se caracteriza como o principal problema de qualidade de água em irrigação localizada, pois pode causar graves problemas como, por exemplo, a obstrução da tubulação do sistema.

Analisando os dados que são expressos na Figura 23 foi observado que a quantidade de ferro contida em cada amostra não possui grande relação com a localização do ponto de coleta, pois o ponto de apresentou menor concentração de ferro na amostra foi o ponto 1, com uma média de 0,26 mg L⁻¹, seguido pelo ponto 2 que foi o ponto em que as amostras analisadas apresentaram maior concentração de ferro, expressando o valor de 1,03 mg L⁻¹. É importante ressaltar que os pontos um e dois possuem localização distante do centro da cidade e estão situados dentro de uma área preservada, ou seja, são pontos que estão localizados em áreas onde não há despejo de dejetos originários de atividade doméstica ou industrial. Esse é um fato que pode ocorrer de acordo com Esteves (1988 citado por FRAVET, 2007), que afirma que a ocorrência da presença do ferro em águas superficiais sucede principalmente pelo fato de haver decomposição de rochas que são ricas em ferro e nos solos resultantes dessa decomposição. O ferro é um elemento abundante na superfície da terra e é transportado para os corpos d'água no escoamento das chuvas, por isso é encontrado normalmente nos corpos de água.

Figura 23 – Resultado da variável ferro total.



A média da quantidade de ferro presente nas amostras analisadas em cada ponto de coleta, foram respectivamente: Ponto 1: 0,26 mg L⁻¹; Ponto 2: 1,03 mg L⁻¹; Ponto 3: 0,80 mg L⁻¹; Ponto 4: 0,61 mg L⁻¹; Ponto 5: 0,50 mg L⁻¹ e Ponto 6: 0,63 mg L⁻¹. com base nos dados apresentados é possível afirmar que os pontos de coleta possuem quantidade de ferro considerada moderada ao considerar o grau de influência do ferro no comprometimento de um sistema de microirrigação, tal fato é confirmado por Andrade (1998 citado por FRAVET, 2006), que na Tabela 1 estabelece que uma quantidade de ferro entre 0,2 e 1,5 mg L⁻¹ é de influência moderada em relação a o entupimento em sistemas de microirrigação.

4.2.3 Nitrato - NO₃⁻ (mg L⁻¹)

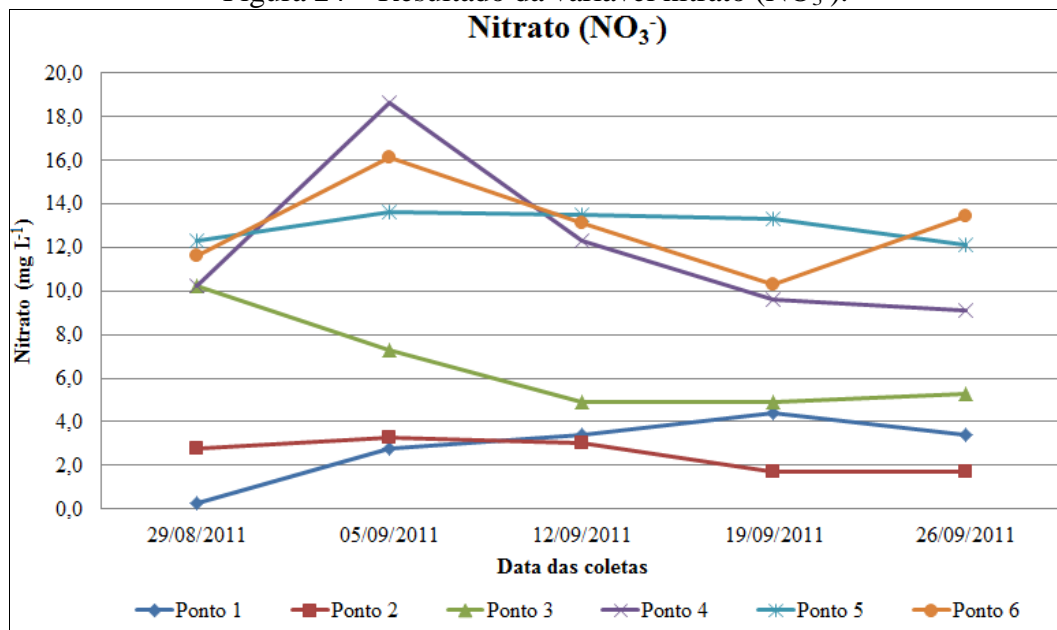
A Tabela 11 apresenta os resultados obtidos referentes a variável nitrato (NO₃⁻).

Tabela 11 – Resultado da variável nitrato (NO₃⁻).

	Nitrato NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)				
	29/08/2011	05/09/2011	12/09/2011	19/09/2011	26/09/2011
Ponto 1	0.3	2.8	3.4	4.4	3.4
Ponto 2	2.8	3.3	3.0	1.7	1.7
Ponto 3	10.2	7.3	4.9	4.9	5.3
Ponto 4	10.2	18.6	12.3	9.6	9.1
Ponto 5	12.3	13.6	13.5	13.3	12.1
Ponto 6	11.6	16.1	13.1	10.3	13.4

De acordo com Silva (2007), o nitrato é a forma mais oxidada do nitrogênio e é formado durante a fase final da decomposição biológica. Analisando a Figura 24 pode-se observar que os pontos de coleta um, dois e três possuíam baixas concentrações de nitrato nas amostras durante todo o período de coleta, portanto a água do Ribeirão Lavapés nos três primeiros pontos está dentro das concentrações máximas permitida pela Legislação, Resolução n° 357/05 do CONAMA, que estabelece o valor de 10 mg L⁻¹ para o nitrato.

Figura 24 – Resultado da variável nitrato (NO₃⁻).



Os pontos quatro, cinco e seis apresentados na Figura 24, exibiram altos níveis de nitrato contidos nas amostras analisadas, é importante salientar que tais pontos estão localizados dentro do perímetro urbano da cidade de Botucatu, portanto o impacto que o ribeirão sofre com despejo de dejetos de origem doméstica e/ou industrial são maiores, o que é confirmado por Figueiroa (2008) e Nicolete et al., (2010), que afirmam que até os dias de hoje o Ribeirão Lavapés vem enfrentando a pressão gerada pelo desenvolvimento da sociedade, e Nagy (2008), que ressalta que o nível de poluição que o Ribeirão Lavapés apresenta é tanto que o curso d'água funciona como um esgoto a céu aberto, recebendo os esgotos domésticos e efluentes industriais do município.

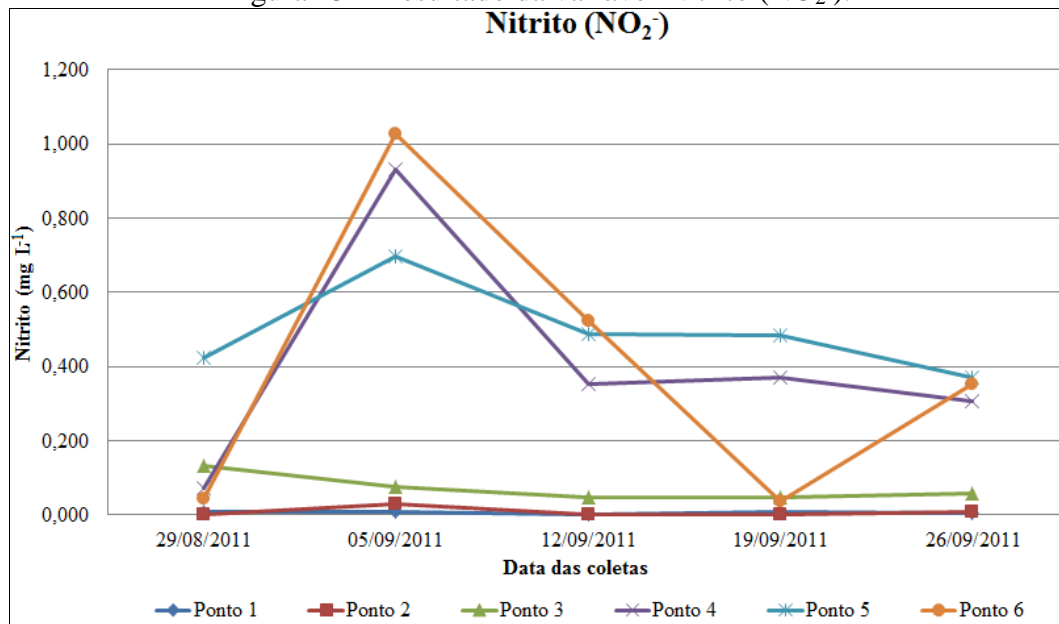
4.2.4 Nitrito - NO₂⁻ (mg L⁻¹)

A Tabela 12 apresenta os resultados obtidos através da análise das amostras referentes a variável nitrito (NO₂⁻).

Tabela 12 – Resultado da variável nitrito (NO_2^-).

Nitrito NO_2^- (mg L^{-1})					
	29/08/2011	05/09/2011	12/09/2011	19/09/2011	26/09/2011
Ponto 1	0.008	0.006	0.001	0.007	0.003
Ponto 2	0.001	0.030	0.001	0.001	0.006
Ponto 3	0.133	0.075	0.048	0.047	0.056
Ponto 4	0.070	0.930	0.352	0.370	0.307
Ponto 5	0.422	0.697	0.486	0.483	0.371
Ponto 6	0.042	1.027	0.524	0.036	0.351

De acordo com Silva (2007), o nitrito é formado durante o processo de decomposição da matéria orgânica. Analisando a Figura 25 pode-se observar que houve aumento significativo na concentração de nitrito presente nas amostras coletadas no dia 05/09/2011, tal fato pode ser reflexo da ocorrência de chuva na noite anterior a coleta.

Figura 25 – Resultado da variável Nitrito (NO_2^-).

Houve grande discrepância no valor da concentração de nitrito presente na amostra de água coletada no ponto seis, na quarta semana (19/09/2011), data em que houve deposição de detritos orgânicos no momento da coleta, tal discrepância é observada quando o valor obtido na quarta semana ($0,036 \text{ mg L}^{-1}$) é comparado com os demais valores apresentados para o mesmo ponto nas demais semanas de coleta. Segundo Silva (2007) a decomposição parcial da matéria orgânica e presença de bactérias redutoras de nitrato podem ser um indicador da presença de nitrito na água.

Foi observado na Figura 25 que nos pontos um, dois e três, localizados antes do trajeto em que o ribeirão passa pelo Centro da cidade, as concentrações de nitrito presentes nas amostras de água coletada são relativamente baixas, porém, aumentam a medida em que o ribeirão passa pelo Centro da cidade. Portanto produtores que possuem sua localização entre os pontos quatro, cinco e seis devem tomar cuidados especiais ao utilizarem a água, pois de acordo Fravet (2006), o nitrito pode dar origem a substâncias cancerígenas, dessa forma os produtores devem ser alertados a otimizar o uso de fertilizantes para assim evitar possíveis problemas de saúde pública.

De acordo com a Legislação, Resolução nº 357/05 do CONAMA (2005), o valor máximo estabelecido para a concentração de nitrito é de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$, sendo assim, analisando a Figura 25 é observado que a quantidade de nitrito presente nas amostras de água coletadas no Ribeirão Lavapés estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação; há apenas uma amostra, coletada no ponto seis, na segunda semana de coleta que não se encontra dentro dos padrões estabelecidos, é importante ressaltar que essa foi a única data em que choveu na noite anterior a coleta.

4.2.5 *Potencial Hidrogeniônico (pH)*

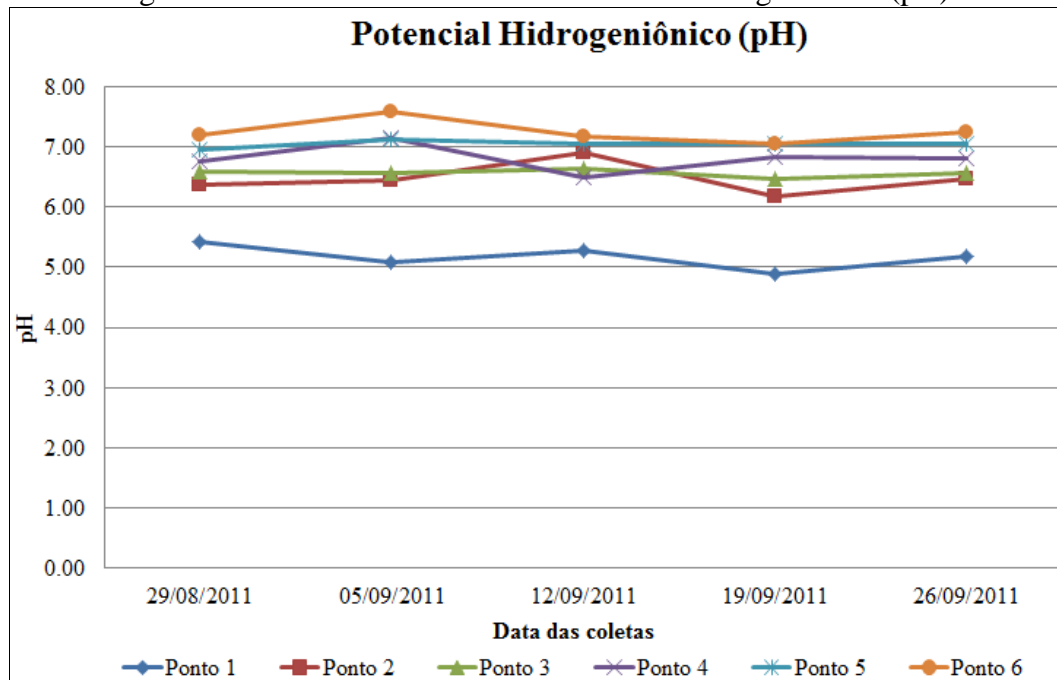
A Tabela 13 apresenta os resultados referentes a variável potencial Hidrogeniônico (pH).

Tabela 13 – Resultado da variável Potencial Hidrogeniônico (pH).

	Potencial hidrogeniônico (pH)				
	29/08/2011	05/09/2011	12/09/2011	19/09/2011	26/09/2011
Ponto 1	5.43	5.08	5.29	4.90	5.17
Ponto 2	6.36	6.45	6.90	6.17	6.47
Ponto 3	6.58	6.57	6.63	6.46	6.56
Ponto 4	6.77	7.15	6.50	6.84	6.81
Ponto 5	6.95	7.13	7.05	7.06	7.04
Ponto 6	7.20	7.58	7.16	7.05	7.24

De acordo com o CPRM (2007), o pH é medido e apresentado em uma escala compreendida entre 0 e 14, indicando se o meio é ácido, neutro ou básico. São observados na Figura 26 os valores obtidos para a variável pH através da análise das amostras.

Figura 26 – Resultado da variável Potencial Hidrogeniônico (pH).



Analisando a Figura 26 observou-se que os pontos um e três apresentaram pH ácido durante todo o período de coleta com valores que variaram entre 4,90 e 6,63. No ponto dois o pH apresentou-se predominantemente ácido em quase todo período de coleta exibindo o valor mínimo de 6,17 e o valor máximo de 6,90, já o ponto quatro apresentou pH predominantemente neutro, somente apresentando comportamento diferente na terceira semana de coleta onde o valor obtido pela análise foi de 6,50. No ponto cinco o pH mostrou-se neutro em todos os dias de coleta, com valores que variaram de 6,95 a 7,13 e no ponto seis houve certa variação do pH do meio neutro para o meio básico (alcalino) oscilando os valores entre 7,05 e 7,58.

Segundo Andrade (1998 citado por FRAVET, 2006) de acordo com a classificação de águas de irrigação se o valor do pH obtido através da análise da amostra for inferior a 7 o nível de risco é considerado baixo, se o valor do pH obtido estiver entre 7 e 8 o nível de risco é considerado moderado, quando o valor for superior a 8 a água apresenta risco severo ao sistema de irrigação implantado, seguindo essa classificação ao analisar a Figura 26 observou-se que 100% das amostras analisadas nos pontos um, dois, três, quatro, cinco e seis não proporcionam risco severo a implantação de um sistema de irrigação.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu com as diversas variáveis analisadas concluir que:

➤ Para a análise física da água:

- Condutividade elétrica (CE)

O estudo permitiu concluir que para a variável condutividade elétrica somente o ponto um e o ponto dois apresentaram valores relativamente desprezíveis (abaixo de 50 $\mu\text{S/cm}$) durante todo o período de coleta. Os pontos três, cinco e seis apresentaram valores preocupantes, pois ambientes com a condutividade elétrica acima de 100 $\mu\text{S/cm}$ geralmente estão impactados.

- Sólidos solúveis

Adotando os critérios de avaliação é possível afirmar que 100% das amostras analisadas não possuem valores elevados de sólidos solúveis presentes na água, o que poderia resultar em um alto potencial de dano na operação de um sistema de irrigação localizada.

- Sólidos suspensos

O estudo permitiu verificar que 100% das amostras coletadas não oferecem risco em relação ao potencial de dano à operação dos sistemas de irrigação localizada.

- Turbidez

Foi observado que na coleta realizada no dia 19/09/2011, o ponto seis, localizado dentro da Fazenda Experimental Lageado – FCA/UNESP, apresentou alto nível de turbidez, expressando o valor de 56 FAU, sabe-se que a ocorrência de tal valor se deve a deposição de dejetos orgânicos que aconteceu no momento em que a coleta foi realizada. Na semana seguinte houve queda significativa no valor relacionado a turbidez para o mesmo ponto (ponto seis), tal fato mostra a capacidade de regeneração do ribeirão.

- Temperatura da água

O estudo permitiu concluir que embora o ponto um e o ponto dois de coleta sejam pontos relativamente próximos possuem maior diferença de temperatura da água, que ocorre devido ao fato das condições ambientais as quais tais pontos pertencem serem diferentes.

- Temperatura do ar

O estudo permitiu verificar que embora os pontos de coleta sejam pertencentes a um trajeto localizado dentro de uma única cidade há grande variação nas temperaturas do ar registradas. Tal fato ocorre devido à cidade de Botucatu não apresentar solo plano e possuir relevo irregular. A média de temperatura do ar obtida no período de coleta foi de 20°C.

- Para a análise química da água:

- Demanda química de oxigênio (DQO)

Com a análise de amostras foi observado que o ponto três e o ponto quatro apresentaram valores relativamente altos na demanda química de oxigênio na maior parte do período estudado, com a média de 15 mg L⁻¹, seguidos pelo ponto seis, que apresentou a média de 14 mg L⁻¹. Os pontos mencionados estão localizados dentro do perímetro urbano da cidade de Botucatu, dessa forma o alto valor na DQO de tais pontos (três, quatro e seis) pode ser resultante de um aumento na quantidade de efluentes domésticos e/ou industriais despejados no ribeirão.

- Ferro

O estudo permitiu verificar que 100% dos pontos de coleta possuem quantidade de ferro considerada moderada em relação ao grau de influência do ferro no comprometimento de um sistema de microirrigação.

- Nitrato

Os pontos que estão localizados do centro da cidade até a Fazenda Lageado (pontos quatro, cinco e seis), exibiram altos níveis de nitrato contidos nas amostras analisadas, é importante salientar que tais pontos estão localizados na área central da cidade de Botucatu, portanto o impacto que o ribeirão sofre com despejo de dejetos de origem doméstica e/ou industrial são maiores. O nível de poluição que o Ribeirão Lavapés apresenta é elevado, pois o curso d'água funciona como um esgoto a céu aberto, recebendo os esgotos domésticos e efluentes industriais do município.

- Nitrito

O estudo permitiu verificar que quase 100% das amostras apresentaram valor para o nitrito dentro das normas estabelecidas pela Legislação, Resolução nº 357/05 do CONAMA, que estabelece o valor máximo de nitrito para a finalidade de irrigação é de 1,0 mg L⁻¹.

- pH

Ao analisar a variável pH o estudo verificou que 100% das amostras analisadas não proporcionam risco severo a um sistema de irrigação.

O presente estudo apontou que há necessidade de campanhas de conscientização da população de Botucatu-SP com relação à preservação do Ribeirão Lavapés, pois este demonstrou elevada capacidade de conservação ambiental no trecho anterior a sua chegada na cidade, portanto pode-se concluir através dos dados apontados neste trabalho que o trecho do ribeirão que antecede o centro da cidade de Botucatu está em perfeitas condições para a implantação do sistema de irrigação localizada por gotejamento. O estudo não se finda com essas análises preliminares, pois novos estudos a partir deste devem ser desenvolvidos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, O. Á. de. **Qualidade da água de irrigação**. 1. ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. Disponível em: < http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/livro/livro_qualidade_agua.pdf>. Acesso em: 15 nov. de 2011.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1995. 1137 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520: informação e documentação: citações em documentos**: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 6023: informação e documentação: referências**: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ATTANASIO, C. M.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. As matas ciliares de uma microbacia. In: SILVA, R. F. B da; ORSI, A. C.; CHINELATO, F. C. S. **Lavapés, água e vida**: nos caminhos da educação ambiental. 1. ed. Botucatu: Gráfica Editora Lar Anália Franco, 2008. cap. 4, p.79 – 96.

BERNARDI, C. C. **Reuso de água para irrigação**. 2003. 52 f. Monografia (Pós-graduação em nível de Especialização Lato Sensu, modalidade MBA, em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada) – ISEA-FGV/ ECOBUSINESS SCHOOL, Brasília, 2003. Disponível em: < <http://mineiro13666.com.br/arquivosnot/arq49c25ab16efdd.pdf> >. Acesso em: 22 ago. de 2011

BERNARDO, S., SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade de águas interiores do estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Brasília: CONAMA, 2005.

CONTE, M. de L. **Espécies químicas dissolvidas no Ribeirão Lavapés, Botucatu-SP**. Botucatu, 1992. 123f. Dissertação (Mestrado em Agronomia /Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1992.

CUNHA, A.R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v.14, n.1, p. 1-11, 2009. Disponível em: < <http://200.145.140.50/ojs1/viewarticle.php?id=396&layout=abstract> >. Acesso em 15 set. de 2011.

DONATO, H. **Achegas para a história de Botucatu**. Vol. 2. 4. ed. Botucatu, SP: CopyGráfica – Gráfica e Editora; São Manuel, SP: Grafilar – Gráfica e Editora Lar Anália Franco, 2008.

FIGUEIROA, J. C. (Org.). **Botucatu**: cidade dos bons ares e das boas escolas. São Paulo: Noovha América, 2007. (Série conto, canto e encanto com a minha história).

FIGUEIROA, J. C. À beira do Ribeirão do Patrimônio: o Ribeirão Lavapés na formação histórica e econômica de Botucatu. In: SILVA, R. F. B. da; ORSI, A. C.; CHINELATO, F. C. S. **Lavapés, água e vida**: nos caminhos da educação ambiental. 1. ed. Botucatu, SP: Gráfica Editora Lar Anália Franco, 2008. cap. 2, p. 41 – 62.

FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, A. S.; GONÇALVES, R. A. B. Uso de águas residuárias na agricultura. In: WORKSHOP USO E REUSO DE ÁGUAS DE QUALIDADE INFERIOR: REALIDADES DE PERSPECTIVAS, 1., 2005, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Irrigação, 2005. p. 220-244. 1 CD-ROM.

FRANCO, R. A. M. ; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n. 6, p. 772-780, 2009.

FRAVET, A. M. M. F. de. **Qualidade de água utilizada para irrigação de hortaliças na região de Botucatu-SP e saúde pública**. 2006. 71 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

FREITAS, M. J. C. C.; ANNUNCIATO, D. P. **Botucatu às margens do Tietê**: cultura e sustentabilidade. São Paulo: Instituto Brasil Com, 2008.

MARTOS, M. Y. H. G. **Análise temporal da qualidade da água em um trecho do Rio Sorocaba e de seus afluentes Ipanema e Pirajibu, e comparação com legislação ambiental vigente**. 1999. 118 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

MÜLHER, A. M.; PAULUS, G.; BARCELLOS, L. A. R. **Agroecologia aplicada: práticas e métodos para uma agricultura de base ecológica**. 1. ed. Porto Alegre: EMATER, 2000.

NAGY, S. C. S. Recuperação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lavapés. In: SILVA, R. F. B da; ORSI, A. C.; CHINELATO, F. C. S. **Lavapés, água e vida**: nos caminhos da educação ambiental. 1. ed. Botucatu: Gráfica Editora Lar Anália Franco, 2008. cap. 6, p. 119 – 136.

NICOLETE, D. A. P. et al. Utilização de técnicas de geoprocessamento e sistemas de informações geográficas na área florestal. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO FLORESTAL, 4., 2010, Botucatu. **Anais eletrônicos...** Botucatu: UNESP, 2010. Disponível em:
<http://www.iflorestal.sp.gov.br/pibic/4seminario/resumos_pdf/NICOLETE,%20D.%20A.%20P..pdf>. Acesso em: 10 mar. de 2011.

ROCHA, J. C. et al. Agilização no processo de rotina analítica para a determinação da DQO (demanda química de oxigênio). **Química Nova**, v. 13, p. 200-201, ago. 1990.

RODRIGUES, L. N. et al. Mamoneira irrigada com efluente de esgoto doméstico sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA. 2., 2006, Aracaju. **Anais eletrônicos...** Aracaju, 2006. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/trabalhos_cbm2/059.pdf>. Acesso em: 18 ago. de 2011.

SANTOS, T. E. B. dos. et al. Avaliação da qualidade física da água para fins de irrigação no córrego do ipê, Ilha Solteira-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 36., 2007, Bonito. **Anais...** Bonito, 2007. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/conbea2007_corrego_ipe_qualidade_fisica.pdf>. Acesso em: 12 nov. de 2011.

SENRA, J. B. A água no mundo e no Brasil. In: SILVA, R. F. B. da; ORSI, A. C.; CHINELATO, F. C. S. **Lavapés, água e vida: nos caminhos da educação ambiental**. 1. ed. Botucatu: Gráfica Editora Lar Anália Franco, 2008. cap. 1, p. 17 – 40.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Manual: Medição *in loco*: temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido**. Belo Horizonte: CPRM, 2007.

SILVA, E. Código Florestal Brasileiro: função e áreas de preservação permanente. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 4, 1996, Belo Horizonte - MG. **Anais...** Belo Horizonte, 1996. p.48.

SILVA, K. C. da. **Qualidade da água ao longo do rio Capivara no município de Botucatu-SP**. 2007. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. da. Contribuição da cidade de Botucatu - SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita. **Eclética Química**, São Paulo, 1997, vol. 22, fevereiro 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46701997000100004>. Acesso em: 08 mai. de 2011.

VALENTE, J. P. S.; TRAFICANTE, D. P. Qualidade da água – Ribeirão Lavapés. In: SILVA, R. F. B. da; ORSI, A. C.; CHINELATO, F. C. S. **Lavapés, água e vida: nos caminhos da educação ambiental**. 1. ed. Botucatu: Gráfica Editora Lar Anália Franco, 2008. cap. 5, p. 97-118.

VILELA, N.J.; MACEDO, M.M.C. **Fluxo de poder no agronegócio: o caso das hortaliças**. Horticultura brasileira, Brasília, v. 18, n. 2, p. 88-94, julho 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v18n2/v18n2a02.pdf>>. Acesso em: 15 mai. de 2011.

ZIMBACK, C. R. L. A geologia do município de Botucatu. In: SILVA, R. F. B da; ORSI, A. C.; CHINELATO, F. C. S. **Lavapés, água e vida: nos caminhos da educação ambiental**. 1. ed. Botucatu: Gráfica Editora Lar Anália Franco, 2008. cap. 3, p.63 – 78.

ZUCCARI, M. L.; GRANER, C. A. F.; LEOPOLDO, P. R. Determinação da demanda química de oxigênio (DQO) em águas e efluentes por método colorimétrico alternativo. **Energia e Agricultura**, Botucatu, 2005, vol. 20, n. 4, p. 69-82. Disponível em: <
<http://professor.ucg.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/3280/material/wwwfcaunespbr.pdf>
>. Acesso em: 8 nov. de 2011.

Botucatu, ____ de _____ de 2011.

Carla Thainá Duarte

De Acordo:

Prof. Dr. Ieoshua Katz

Prof. Dr. Osmar Delmanto Junior
Coordenador do Curso de Agronegócio