

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
CURSO DE AGRONOMIA

***CARACTERIZAÇÃO DA AGRICULTURA IRRIGADA NA PARTE SUPERIOR DA  
MICROBACIA DO CÓRREGO DO COQUEIRO NO NOROESTE PAULISTA***

**BALBER LUTY DA SILVA**

Graduando em Engenharia Agronômica

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Engenharia  
do Campus de Ilha Solteira - UNESP,  
como parte dos requisitos para obtenção  
do Grau de Engenheiro Agrônomo.

ILHA SOLTEIRA - SP  
NOVEMBRO - 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
CURSO DE AGRONOMIA

***CARACTERIZAÇÃO DA AGRICULTURA IRRIGADA NA PARTE SUPERIOR DA  
MICROBACIA DO CÓRREGO DO COQUEIRO NO NOROESTE PAULISTA***

**BALBER LUTY DA SILVA**

Graduando em Engenharia Agronômica

Orientador: Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Engenharia  
do Campus de Ilha Solteira - UNESP,  
como parte dos requisitos para obtenção  
do Grau de Engenheiro Agrônomo.

ILHA SOLTEIRA - SP  
NOVEMBRO - 2010



## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais João Paulo da Silva e Sandra Cristina da Rocha Silva como simples forma de retribuir todos os esforços realizados por eles para conseguir mais esta conquista em minha vida e acima de tudo pelo amor incondicional.

Ao meu avô e grande amigo Belarmino Maurício Neto (*in memorian*), que sempre me apoiou e defendeu em todas as ocasiões e onde estiver, sei que está torcendo pelo meu sucesso.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por me dar saúde, força e conhecimento para superar todas as barreiras impostas sobre o meu objetivo final, a formação profissional em Engenheiro Agrônomo.

A toda minha família por me apoiar em todos os momentos com a principal força que motiva a vida, o amor.

Ao meu Orientador na Graduação, Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez, pela amizade e conselhos, que contribuíram tanto para a minha pesquisa quanto para a minha formação profissional e pessoal.

A todos os colegas da XXXI Turma de Engenharia Agronômica, em destaque aos amigos e companheiros, tanto de festas quanto de estudos, Guilherme José Pinatti (Jamanta), João Luiz Passarin Filho (Buscapeh), José Leonardo dos Santos (Zé), amizades que levarei comigo por toda a minha vida e em especial ao grande amigo Rafael Dionízio Alves (Joelma), que conviveu comigo durante todo o período de curso, desde a época de bixo até o auge de ser veterano.

Aos membros da equipe da Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP *Campus de Ilha Solteira*, Álvaro Salles (Vredão), Diego Gonçalves Feitosa (Piro), Gilmar Oliveira Santos, Gustavo Cavalari Barboza (Borg), Paulo de Tarso Pizarro Silva (Xupisco), Renata da Silva Moura, Renato Franco (Renatão) e Ronaldo Cintra Lima (Carequinha) pelo apoio a minha pesquisa, companheirismo e amizade, essenciais em qualquer ambiente de trabalho.

A UNESP *Campus de Ilha Solteira* por contribuir com toda sua infraestrutura, funcionários e corpo técnico em minha formação profissional.

Silva, B. L. **Caracterização da agricultura irrigada na parte superior da microbacia do córrego do Coqueiro no noroeste paulista.** Ilha Solteira, 2010, 56f. Trabalho de Conclusão de Curso - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

## **RESUMO**

O intenso uso da água pelas atividades humanas, realizadas quase sempre sem controle e planejamento, vem provocando impactos no ecossistema aquático, reduzindo a quantidade e qualidade deste recurso. Considerando a importância estratégica do córrego do Coqueiro, afluente da margem direita do rio São José dos Dourados, em relação aos recursos hídricos, o objetivo deste estudo foi caracterizar a agricultura irrigada na parte superior desta microbacia. Nas saídas de campo foram realizadas avaliações dos sistemas de irrigação e coletas de amostras da água utilizada para irrigação, posteriormente analisadas em seus parâmetros físicos e químicos.

A principal cultura irrigada nesta região é a uva variedade Niagara, com produtividade bem superior à média nacional e apresenta a microaspersão invertida como principal tipo de sistema de irrigação.

As análises mostraram que os parâmetros físicos (sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e turbidez) e químicos (pH e condutividade elétrica) apresentaram classificação de baixo a médio potencial de danos ao sistema de irrigação. Em relação à uniformidade de distribuição de água, os sistemas de irrigação apresentaram boa uniformidade, onde o CUC e o CUD apresentaram 82,58% e 78,86% respectivamente, indicando que estão operando dentro dos limites estabelecidos e com alta eficiência.

**Palavras-chave:** irrigação, qualidade de água, coeficiente de uniformidade

Silva, B. L. **Caracterização da agricultura irrigada na parte superior da microbacia do córrego do Coqueiro no noroeste paulista.** Ilha Solteira, 2010, 56f. Trabalho de Conclusão de Curso - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

## **ABSTRACT**

The intensive use of water by human activities often carried out without planning and control, is causing impacts on the aquatic ecosystem by reducing the amount and quality of this resource. Considering the strategic importance of the Coqueiro creek, a tributary of the right bank of the São José dos Dourados, in relation to water resources, the objective of this study was to characterize the irrigated agriculture in the upper part of this watershed. In the field trips were conducted evaluations of irrigation systems and collecting samples of water used for irrigation, then analyzed in their physical and chemical parameters.

The main irrigated crop in this region is the grape variety Niagara, with yields well above the national average and presents the micro reversed as the main type of irrigation system.

The analysis showed that the physical parameters (suspended solids, dissolved solids and turbidity) and chemical (pH and conductivity) were considered low to medium potential damage to the irrigation system. Regarding the uniformity of water distribution, the irrigation systems showed good uniformity, where the CUC and CUD were 82,58% and 78,86% respectively, indicating that they are operating within established limits and with high efficiency.

**Keywords:** irrigation, water quality, uniformity coefficient

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	11
2. DESENVOLVIMENTO .....	14
2.1. Bacia Hidrográfica .....	14
2.2. Irrigação no Brasil .....	17
2.3. Uso da água na irrigação .....	18
2.4. Quantidade de água para a Irrigação .....	19
2.5. Qualidade da água para a irrigação .....	21
2.5.1. Parâmetros Físicos .....	23
2.5.1.1. Sólidos .....	23
2.5.1.2. Turbidez .....	24
2.5.2. Parâmetros Químicos .....	25
2.5.2.1. Potencial hidrogeniônico (pH) .....	25
2.5.2.2. Condutividade elétrica .....	26
2.6. Avaliação dos sistemas de irrigação .....	27
2.6.1. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) .....	27
2.6.2. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) .....	27
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	28
3.1. Localização da microbacia de estudo .....	28
3.2. Divisão da microbacia em subbacias .....	31
3.3. Características socioeconômicas .....	33
3.4. Geologia e caracterização da vegetação .....	34
3.5. Recursos hídricos e uso da água .....	35
3.6. Clima .....	36
3.7. Avaliação das propriedades .....	37
3.8. Localização das propriedades irrigantes .....	38
3.9. Coleta e análise da água .....	39
3.9.1 Coleta de água para determinação da qualidade .....	39
3.9.2 Coleta de água para avaliação dos sistemas de irrigação .....	40
3.10. Análise dos dados .....	41

4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	43
4.1.	Características socioeconômicas da região.....	43
4.2.	Características operacionais das propriedades.....	45
4.3.	Qualidade da água .....	47
4.4.	Coeficientes de uniformidade: CUC e CUD .....	49
5.	CONCLUSÕES.....	50
6.	REFERENCIAS .....	51

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização da microbacia do córrego do Coqueiro.....	29
<b>Figura 2.</b> Limites da subbacia de estudo. ....	30
<b>Figura 3.</b> Microbacia do córrego do Coqueiro dividida em subbacias. ....	32
<b>Figura 4.</b> Propriedades irrigantes avaliadas nos limites da subbacia 1. ....	38
<b>Figura 5.</b> Entrevista com um produtor irrigante.....	37
<b>Figura 6.</b> Anotação das características técnicas de um conjunto motobomba .....	37
<b>Figura 7.</b> Membro da equipe coletando água para posterior avaliação da irrigação em um sistema de microaspersão invertida em uva. ....	40
<b>Figura 8.</b> Membros da equipe coletando água para determinar a vazão do aspersor em um sistema de aspersão convencional em milho. ....	40
<b>Figura 9.</b> Vazamento na tubulação recalque. ....	48

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Uso da água na UGRH-18.....	35
<b>Tabela 2.</b> Parâmetros climáticos médios durante o período de estudo em Marinópolis-SP .....	36
<b>Tabela 3.</b> Síntese das metodologias e equipamentos utilizados nas análises dos parâmetros físicoquímicos de água avaliados.....	39
<b>Tabela 4.</b> Limites estabelecidos para os parâmetros avaliados na classificação da qualidade de água para a irrigação.....	41
<b>Tabela 5.</b> Limites estabelecidos de CUC e CUD em relação à profundidade.....	42
<b>Tabela 6.</b> População total e urbana dos municípios pertencente à microbacia do Coqueiro, corpo receptor de lançamento de efluentes e principais lavouras permanentes por município.....	43
<b>Tabela 7.</b> Exploração de uva nos estados do Brasil e no noroeste paulista.....	44
<b>Tabela 8.</b> Levantamento das propriedades irrigantes inseridas na subbacia 1, parte superior da microbacia do córrego do Coqueiro.....	45
<b>Tabela 9.</b> Caracterização das propriedades irrigantes avaliadas na subbacia 1 da microbacia do córrego do Coqueiro, expresso em porcentagem (%).....	45
<b>Tabela 10.</b> Análise dos parâmetros físicoquímicos da qualidade da água. ....	47
<b>Tabela 11.</b> Análise dos coeficientes de uniformidade (CUC) e (CUD).....	49



## 1. INTRODUÇÃO

O intenso uso da água pelas atividades humanas, realizadas quase sempre sem controle e planejamento, vem provocando impactos no ecossistema aquático, reduzindo a quantidade e qualidade deste recurso. Como consequência se torna implícita a crescente necessidade de se realizar pesquisas e promover projetos para o uso planejado deste recurso, garantindo a disponibilidade em quantidade e qualidade adequadas.

Em grande parte do mundo, mesmo existindo políticas de segurança alimentar, sabe-se que parte expressiva da população não consegue ter acesso ao mínimo de alimento necessário para satisfazer suas necessidades nutricionais. Diante disto, a importância de estratégias agropecuárias, como a irrigação que garante a produção de alimentos, deveria ser de fácil compreensão de todos.

Porém, ao mesmo tempo em que as necessidades sociais necessitam de uma alta produção de alimentos, as necessidades ambientais estão cada vez mais presentes no nosso dia a dia, dessa forma se faz evidente que é preciso cuidar cada vez melhor deste precioso recurso que é a água, recurso fundamental na produção de alimentos e na sobrevivência de qualquer forma de vida.

A utilização da irrigação tem sofrido diversas críticas, principalmente por aqueles profissionais relacionados à área de geração de energia hidroelétrica, que a consideram sendo a principal responsável pela escassez de água e de energia hidroelétrica no país. Contudo, as críticas baseadas somente nos aspectos mencionados, não levando em consideração o aumento na produção agropecuária, o qual fortalece o agronegócio brasileiro, tornam-se improcedentes, além de desconsiderar que a irrigação usa água transferindo-a para a atmosfera, sem poluíla.

Esta visão radical, única e centralizada quando prevalecida pode provocar desestímulo do produtor rural e consequentemente um obstáculo ao desenvolvimento agrícola no Brasil.

A irrigação promove garantia de produção, redução dos riscos na produção de alimentos, aumento da produtividade das culturas, melhoria da qualidade do produto, aumento no número de safras agrícolas e colheita na entressafra além do desenvolvimento sócioeconômico.

Por entender a importância que a técnica de irrigação possui no cenário socioeconômico e no agronegócio brasileiro é imprescindível discutir alguns elementos essenciais em defesa da irrigação e os principais benefícios originados pela sua adoção.

O Brasil ocupa lugar de pouca expressão entre os países que utilizam a irrigação intensivamente. A área irrigada é extremamente reduzida em relação à área ocupada pela agropecuária, contudo o potencial de expansão e aperfeiçoamento da irrigação no Brasil é evidenciado, sendo possível incrementar a sua aplicação visando aumentar as disponibilidades alimentares e o desenvolvimento econômico nacional.

O Estado de São Paulo é dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs). A UGRHI está estruturada no conceito de bacia hidrográfica, onde os tais recursos hídricos convergem para um corpo d'água principal. A bacia hidrográfica do São José dos Dourados, referente à UGRHI-18, localizada na região noroeste do Estado, é composta de 25 municípios com atividades econômicas voltadas para o setor agropecuário. A vazão média é de 53 m<sup>3</sup>/s, área de 6.783 km<sup>2</sup> e população total de 223.720 habitantes (DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, 2006b).

A microbacia do córrego do Coqueiro, abrangida pela UGRH-18, engloba os municípios de Urânia, Jales, São Francisco, Palmeira d'Oeste e Dirce Reis. Apresenta como principal fonte de renda a agropecuária, principalmente no cultivo de frutíferas irrigadas com método de irrigação localizado, destacando-se a laranja, uva e banana, contudo grande área é ocupada com cana-de-açúcar e pecuária extensiva. É de grande importância regional, pois, além de disponibilizar água para a irrigação, é fonte de captação de água para o abastecimento dos municípios de Palmeira d'Oeste e Marinópolis.

Os municípios que abrangem esta microbacia não lançam os efluentes urbanos provenientes de estação de tratamento de esgoto neste manancial, sendo lançados em outros corpos d'água. Por esse motivo, acaba atendendo ao uso múltiplo da água para fins de abastecimento público, onde a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) retira e trata a água superficial, abastecendo os municípios de Marinópolis e Palmeira d'Oeste. Todavia, no córrego do Coqueiro o uso da água para irrigação pode conflitar com o uso para o abastecimento urbano e a dependência dos recursos hídricos superficial, o

desmatamento, a erosão e assoreamento podem comprometer o uso múltiplo da água.

É fundamental o conhecimento sobre a disponibilidade e a demanda hídrica por seus diferentes usuários, no espaço e no tempo, para se efetuar a gestão adequada desse recurso.

Identificar as áreas irrigadas em uma bacia hidrográfica, seus sistemas de produção e importância econômica, os sistemas de irrigação implantados e como estão sendo operados, as demandas por água e a capacidade dos sistemas de irrigação, bem como a uniformidade de distribuição é o passo inicial para o planejamento e uso racional ou eficiente da água.

Considerando a importância estratégica do córrego do Coqueiro, afluente da margem direita do rio São José dos Dourados, em relação aos recursos hídricos, o objetivo deste estudo foi caracterizar a agricultura irrigada na parte superior desta microbacia.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1. Bacia Hidrográfica

A água do planeta, elemento essencial a vida, está em constante movimento, alternando-se por diversos habitats e sob diferentes estados físicos, sendo este processo conhecido como ciclo hidrológico. De acordo com Righetto (1998, p. 5) a água está distribuída no globo terrestre da seguinte maneira: lagos de água doce ( $125.100\text{ km}^3$ ), lagos salinos ( $104.300\text{ km}^3$ ), meio poroso e aquíferos ( $9.048.500\text{ km}^3$ ), geleiras ( $29.199.700\text{ km}^3$ ), atmosfera ( $12.900\text{ km}^3$ ) e oceanos ( $1.322.330.600\text{ km}^3$ ).

A estimativa da disponibilidade renovável de água doce nos continentes apresenta a África com 10,00%, América do Norte com 18,00%, América do Sul com 23,10%, Ásia com 31,60%, Europa com 7,00%, Oceania com 5,30% e Antártida com 5,00% do total respectivamente. Em relação à disponibilidade da água do mundo, a situação do Brasil é privilegiada, dispondo de 12% de toda água doce do planeta. No Estado de São Paulo encontra-se 1,6% da água doce brasileira (DAEE, 2006a).

Na fase do ciclo hidrológico que ocorre nos continentes, a água percorre um caminho que inicia com a infiltração da água precipitada no solo, que ao escoar por gravidade ao longo da declividade natural da área, originam ou reforçam nascentes, formando pequenos córregos. Esses córregos convergem para um único ponto originando os rios mais caudalosos que terminam por desagarem nos oceanos. Este processo dinâmico associado à formação dos solos ao longo do tempo nos continentes acaba originando uma bacia hidrográfica (VANZELA, 2004).

A bacia hidrográfica é toda área de drenagem de um córrego ou rio da qual todas as águas de superfície e de subsolo saem por um mesmo ponto (RICKLEFS, 2003, p.152).

A Lei nº 9.433/1997, que criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelece que os Planos de Recursos Hídricos são diretores e de longo prazo e visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos. É fundamental reconhecer que a bacia hidrográfica é a unidade básica para o gerenciamento dos recursos hídricos e não dá para analisar

somente o sistema aquático. A bacia hidrográfica é um sistema geomorfológico aberto, que recebe matéria e energia através de agentes climáticos e perde através do deflúvio (LIMA; ZAKIA, 2000, p.33).

As características físicas mais utilizadas nos estudos hidrológicos são as características fisiográficas da bacia, que são aquelas que podem ser obtidas através de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite, como áreas, comprimentos, declividades e coberturas de solo (TUCCI, 1993, p.45-46). Porém outras características físicas indispensáveis, como tipo de solo e outras informações importantes para o gerenciamento da bacia, como atividades econômicas, características sociais e sistemas de irrigação utilizados, só podem ser obtidas por levantamentos de campo.

O clima é o elemento que fornece a energia para o sistema pela radiação solar, exercendo influencia direta na evaporação, evapotranspiração e precipitação, definindo assim, as oscilações da vazão na foz da bacia com o decorrer do ano. A precipitação e a evapotranspiração constituem-se nos principais parâmetros de entrada e saída, respectivamente, de água no balanço hídrico das bacias hidrográficas (MENDONÇA, 2003, p.165-168).

De acordo com Cunha e Guerra (2003, p.353), sob o ponto de vista do autoajuste pode-se deduzir que as bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas uma vez que mudanças em qualquer dessas unidades podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída (descarga, cargas sólidas e dissolvida). Por isso, o estudo do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica deve ser realizado quantificando-se as entradas e saídas de água do sistema, considerando-se as perdas que ocorrem no decorrer do percurso, até o ponto exutório.

No Brasil, há grande carência de dados hidrológicos de pequenas bacias, há poucos postos em bacias menores de 500 km<sup>2</sup> e seu monitoramento é de fundamental importância para a complementação da rede de informação hidrológica e estudo do funcionamento dos processos físicos, químicos e biológicos atuantes no ciclo hidrológico (GOLDENFUM, 2003).

O Brasil necessita dessas informações citadas acima e Braga et al (2006) comentam que a situação do monitoramento de qualidade no país é bastante deficitária, apenas a região sudeste apresenta uma situação ótima em relação às

outras regiões do país. O Estado de São Paulo tem o maior número de estações hidrometeorológicas, todavia essas informações são obtidas em grandes bacias hidrográficas como ocorre na bacia do rio São José dos Dourados que possui apenas um ponto de coleta da água, tendo uma área de drenagem de 6.732 km<sup>2</sup> (CETESB, 2008).

Embora o Brasil seja um país privilegiado em relação aos recursos hídricos, a situação não é de tranquilidade, pois hoje conflitos de qualidade e quantidade fazem parte da realidade em bacias hidrográficas com alta demanda e baixa disponibilidade de água.

Para que ocorra o avanço no sistema de planejamento e gerenciamento das águas, segundo Tundisi (2003, p.107), devem se considerar processos conceituais (a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento e a integração econômica e social), processos tecnológicos (o uso adequado de tecnologias de proteção, conservação, recuperação e tratamento) e processos institucionais (a integração institucional em uma unidade fisiográfica, a bacia hidrográfica, é fundamental).

Como partes integrantes deste sistema de bacias hidrográficas estão as cidades, os ecossistemas naturais e os agroecossistemas, estes considerados um sistema de produção agrícola dependentes da produção primária, ou seja, produção fotossintética na obtenção de biomassa comercializada (grãos, fibras, proteínas, frutos, madeira e outros) e extremamente dependente dos recursos hídricos. Então, cabe salientar a necessidade urgente de informações sobre qualidade e quantidade da água para o cenário em nível regional, com enfoque para a microbacia (FRANCO, 2008).

## 2.2. Irrigação no Brasil

O Brasil apresenta 5.204.130 propriedades e apesar de possuir uma superfície territorial de 851 milhões de hectares, o país utiliza com agricultura cerca de 249,0 milhões de hectares, dos quais 76,7 milhões com lavouras e 172,3 milhões com pecuária. Apesar de não se dispor de uma estatística atualizada sobre a área irrigada nacional, o Brasil tem 329.066 propriedades que utilizam métodos de irrigação, ocupando aproximadamente 4,45 milhões de hectares irrigados, o que corresponde a apenas 1,8% da área agrícola explorada no país. Neste contexto 205.000 propriedades que ocupam 921.005 hectares não recebem orientação técnica, 66.694 propriedades que ocupam 906.420 hectares recebem orientação técnica casualmente e 57.372 propriedades que ocupam 2.626.500 hectares recebem orientação técnica regularmente (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2006).

Estes dados remetem ao fato de que a orientação técnica está chegando somente às grandes propriedades, portanto há necessidade de extensão rural que leve conhecimento sobre irrigação às pequenas propriedades.

A região Sudeste é a que mais participa desta área, com aproximadamente 1.586.744 hectares, e a região Norte é a que possui a menor área irrigada entre as regiões, cerca de 107.789 hectares. A região Sul irriga 1.224.578 hectares, principalmente pelo método de inundação, a região Nordeste irriga uma área de 985.348 hectares e o Centro-Oeste tem área irrigada de aproximadamente 549.466 hectares (IBGE, 2006).

Enquanto a agricultura do sul do país, principalmente nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, caracteriza-se pela oricultura irrigada por inundação, os estados do Norte se encontram nas condições de clima equatorial, sendo a área praticamente coberta pela Floresta Amazônica.

Na região Sudeste predomina o uso da irrigação por aspersão convencional e de pivô central, sendo o Nordeste brasileiro o que mais contribui com áreas irrigadas pelo sistema localizado.

Grande parte do desenvolvimento brasileiro de irrigação tem sido realizado pelo setor privado, com pouco apoio do governo. Os investimentos do governo focaram a área semiárida da região Nordeste que apresenta uma alta concentração de população de baixa renda.

### 2.3. Uso da água na irrigação

O maior usuário de água é o setor agrícola, que em nível mundial consome cerca de 69% de toda água originada de rios, lagos e aquíferos e os outros 31% são consumidos pela indústria e uso doméstico (CHRISTOFIDIS, 1997). Segundo dados das Nações Unidas apud Townsend et al (2006, p.466) o uso da água em países em desenvolvimento, tem a agricultura como a maior consumidora (86,8%), em segundo a indústria (7,0%) e em terceiro o uso doméstico (6,25%). Nos países desenvolvidos esses percentuais diminuem, a agricultura passa para 46,1%, a indústria com 41,4% e o uso doméstico com 12,5%.

O primeiro avanço significativo que levou a um incremento massivo na produtividade agrícola foi o desenvolvimento da irrigação das culturas, uma atividade que foi praticada no Oriente Próximo em épocas como há 7.000 anos (RAVEN et al, 2001, p.801).

A alta demanda de água para a produção de alimentos está ligada ao fato de que as plantas perdem muita água por evapotranspiração, exigindo consideráveis quantidades para a reposição hídrica. Outro fato é que na produção de carne, além da água consumida diretamente na dessedentação dos animais, há também o consumo indireto, para a produção das forragens, silagens e rações (VANZELA, 2004).

Embora seja a atividade econômica que mais consome água, a suficiência mundial de produção de alimentos depende da agricultura irrigada, porque, embora ocupe somente 16% da área produtiva, é responsável por 40% da produção total de alimentos (ITURRI, 1999, citado por SETTI et al, 2001, p.74).

A alta demanda hídrica pela irrigação, embora esteja relacionada ao alto consumo das plantas, muitas vezes, também se deve a baixa eficiência no uso da água, devido ao emprego incorreto dos métodos ou a falta de técnicas de manejo da irrigação. Estima-se que no Brasil as perdas de água pela irrigação estejam na ordem de 37,7%, o que representa 12.734.040.969 m<sup>3</sup>/ano (CHRISTOFIDIS, 1999).

As perdas por vazamentos nas redes de distribuição podem variar de 1 a 10%, dependendo das condições de conservação dos equipamentos (GOMES, 1997, p.99-100).

## 2.4. Quantidade de água para a Irrigação

A água é uma necessidade fisiológica para todo ser vivo e do ponto de vista ecológico e agronômico é um fator limitante, principalmente em ambientes terrestres que passam por estiagens prolongadas e/ou períodos de déficits hídricos acentuados (FRANCO, 2008).

O consumo inadequado da água, com aumento da demanda na irrigação, na indústria e no padrão de vida em vários países, trás um cenário quantitativo de que o número de países com escassez de água passará de 31 para 48 nos próximos trintas anos (TUNDISI et al, 2006, p.741). Contudo, a agricultura irrigada vem acompanhando essas mudanças de comportamento em relação ao uso da água, reduzindo a aplicação dos recursos hídricos sobre a planta, usando técnicas que melhorem a qualidade e a eficiência da irrigação.

Na instalação de um sistema de irrigação vários fatores devem ser levados em consideração, dentre estes se destacam o volume e a vazão disponível, que são utilizados no dimensionamento do sistema e são indicadores importantes para o irrigante e para o gerenciamento do uso da água.

No Estado de São Paulo a disponibilidade de recursos é bem maior que a demanda. No período de 2004 a 2006, a demanda de água na irrigação foi de 155 m<sup>3</sup>/s, maior que o uso industrial e abastecimento público que foram de 99 m<sup>3</sup>/s e 128 m<sup>3</sup>/s, respectivamente (DAEE, 2006b).

Em termos gerais, no Estado de São Paulo há abundância de água, ocorrendo escassez apenas em áreas localizadas, de excessiva concentração de demandas. Nestes casos, as águas subterrâneas podem representar um importante recurso complementar. Quanto aos recursos hídricos subterrâneos, onde presentes representam a mais flexível das fontes permanentes d'água, devido à extensão dos aquíferos, às vazões por poço e à sua boa qualidade. Em relação às águas superficiais (rios, barragens e lagoas), estão fortemente ameaçadas pelo lançamento dos esgotos domésticos, efluentes industriais não tratados, pelas atividades agrícolas com uso intensivo de insumos químicos e grande erosão dos solos, assim, a preservação da qualidade das águas superficiais, principalmente nos mananciais de abastecimento, deve ter alta prioridade. Apesar dessa situação, é preciso reconhecer adicionalmente que, em algumas UGRHIs, o desenvolvimento trouxe um crescimento populacional que pode requerer, futuramente, alocações de

água incompatíveis com disponibilidades locais ou o comprometimento de transferências de águas de UGRHIs vizinhas (DAEE, 2006b).

É importante antes da implantação de sistemas de irrigação estabelecer limites sustentáveis para o uso da água, através da determinação da vazão e o monitoramento da sazonalidade da disponibilidade hídrica ao longo do ano.

No Estado de São Paulo, o Plano Estadual dos Recursos Hídricos, de acordo com os Artigos 13 e 14 da lei nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994, estabelece que a soma das vazões captadas em uma bacia hidrográfica, ou parte desta, não poderá superar 50% da  $Q_{7,10}$ , (vazão mínima de sete dias consecutivos e dez anos de período de retorno) e nas vazões regularizadas por reservatórios, descontadas as perdas por infiltração, evaporação e outros processos físicos, decorrentes da utilização das águas e as reversões de bacias hidrográficas (DAEE, 2004).

Com o aumento da população urbana e a escassez de novos mananciais, torna-se cada vez mais problemático o abastecimento de água em diversas cidades, principalmente nos grandes centros urbanos, que se agrava nos períodos de seca. É necessário, portanto, conscientizar as pessoas sobre a importância de um programa de redução e de controle de perdas, bem como do uso de água sem desperdícios.

É preciso considerar o consumo da água na rotação de culturas e modificar sua distribuição, nos casos de escassez previsível. Devem ser observadas também as necessidades de cada cultura e as reservas hídricas do solo, isso supõe conhecer os limites críticos de água para cada espécie, efetuar balanços hídricos e utilizar monitoramento e controle.

As quantidades de água exigidas pelos diversos consumos poderão tornar o atendimento cada vez mais difícil, devido à escassez dos mananciais, aos períodos de seca e ao desperdício. A falta de recursos financeiros destinados a obras de suplementação dos volumes é outro importante fator a ser considerado.

## 2.5. Qualidade da água para a irrigação

O aspecto de qualidade de água até um passado próximo era desprezado, visto que água de boa qualidade existia em abundância e era de fácil utilização pelos irrigantes, no entanto os tempos mudaram, e com a expansão do crescimento e alta demanda dos recursos hídricos a realidade é outra, a água de boa qualidade não é mais encontrada com facilidade o que torna sua utilização cada vez mais difícil, necessitando de equipamentos que propiciem seu uso na irrigação, principalmente quando o método utilizado é o localizado.

A qualidade da água de uma bacia hidrográfica tem relação direta com os fenômenos naturais e antrópicos e muito tem haver com o uso e ocupação do solo.

A relação da qualidade da água está ligada diretamente ao tipo de equipamento utilizado no sistema de irrigação. Através da análise da água é possível determinar o material que deverá ser utilizado no sistema para se ter um menor desgaste do equipamento e consequentemente maior vida útil. Exemplos clássicos de problemas que podem ocorrer devido à qualidade da água são a corrosão, a incrustação e a obstrução, fatores estes de grande importância e que devem ser levados em conta durante a elaboração e dimensionamento do projeto.

Nakayama e Bucks (1986, p.142-143) concluíram que um dos principais problemas de qualidade de água para a irrigação, e que estão relacionados com a operação dos equipamentos, é a obstrução física de tubulações e emissores, sobretudo em sistemas de irrigação localizada, onde os orifícios de passagem são de pequenos diâmetros. Relataram que as variáveis físicas, químicas e biológicas que estão relacionadas com risco de obstrução segundo a qualidade da água de irrigação, são: os sólidos suspensos e dissolvidos, pH, ferro total, manganês, sulfito de hidrogênio e população de bactérias.

Outro problema, é que quando a água da irrigação é retirada de um manancial que recebe esfluente de estação de tratamento de esgoto, dependendo do tipo de cultura a ser irrigada, a possibilidade de transmissão de doenças por microorganismos patogênicos, de intoxicação por químicos prejudiciais a saúde, as plantas e ao solo, e de salinização do solo, devem ser considerados (VON SPERLING, 1996, p.41).

O maior responsável pelas alterações na qualidade d'água é sem dúvida nenhuma o homem, e esta alteração qualitativa negativa confere características que influenciam no dimensionamento e escolha do sistema de irrigação, na necessidade de filtragem, principalmente na irrigação localizada, na cultura a ser irrigada e na necessidade ou não de um pré tratamento.

A qualidade da água é uma ferramenta indispensável na elaboração de projetos de irrigação e dependendo de suas características físicas, químicas e biológicas, o seu uso pode se tornar limitado ou inviabilizado.

A poluição das águas superficiais no Estado de São Paulo se deve a diversas fontes, dentre as quais se destacam os efluentes domésticos, os efluentes industriais e os deflúvios superficiais, urbano e rural, guardando uma relação direta com o uso e a ocupação do solo (DAEE, 2006b). Água de boa qualidade é de extrema importância na obtenção de produtos saudáveis e também no bom desempenho dos equipamentos de irrigação, garantindo seu rendimento.

Os corpos d'água podem ser caracterizados por três principais parâmetros, os físicos, químicos e biológicos, no entanto a seguir serão discutidos mais detalhadamente os parâmetros analisados no estudo.

## 2.5.1. Parâmetros Físicos

### 2.5.1.1. Sólidos

Os principais problemas relacionados à alta quantidade de sólidos nos cursos d'água, conferindo menor qualidade e necessidade do uso de filtros em sistemas de irrigação, devem-se ao lançamento de efluentes urbanos não tratados e às perdas de solo por erosão, decorrente da ausência de práticas agrícolas sustentáveis.

Todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, correspondem aos sólidos (PORTO et al, 1991, p.40), que em águas naturais, originam-se do processo de erosão natural dos solos e do intemperismo das rochas (CARVALHO, 1994, p.4).

Segundo Gastaldini e Mendonça (2003, p.433) o termo “sólidos” é amplamente usado para a maioria dos compostos presentes em água e que permanecem em estado sólidos após evaporação. Os sólidos suspensos e dissolvidos correspondem aos resíduos filtráveis e não filtráveis, respectivamente.

Os sólidos suspensos, em altas concentrações constituem-se em um dos principais problemas de qualidade de água para a irrigação, pois pode ocasionar sérios problemas de obstrução física em sistemas de irrigação localizada. Esse problema ainda pode ser agravado pela presença de bactérias do gênero *Pseudomonas sp* e *Enterobacter sp*, que combinadas com partículas em suspensão, podem ocasionar um tipo de entupimento não controlável pelos sistemas de filtragem (NAKAYAMA e BUCKS, 1986, p.142-143).

Outro problema são os sólidos dissolvidos que apresentam sais minerais, sendo que seu excesso na água de irrigação pode provocar a salinização do solo, dificultando ou impedindo a planta de absorver a água pelas raízes (AYRES; WESTCOT, 1991, p.3).

De acordo com Nakayama e Bucks (1986, p.142-143), se a água apresentar valores acima de 50 mg/l de sólidos suspensos e 500 mg/l de sólidos dissolvidos, danos moderados por entupimento de emissores, podem ocorrer em sistemas localizados.

### 2.5.1.2. Turbidez

A turbidez da água é causada por diversos materiais em suspensão, de tamanho e natureza variados, tais como, lamas, areias, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, compostos corados solúveis, plâncton e outros organismos microscópicos.

Gastaldini e Mendonça (2003) comentam que a turbidez resulta do espalhamento e absorção da luz incidente por partículas, enquanto que a transparência é o limite de visibilidade na água.

No entanto, a turbidez não depende estritamente da concentração de sedimentos em suspensão, mas também de outras características do sedimento tais como tamanho, composição mineral, cor e quantidade de matéria orgânica (SANTOS et al, 2001, p.285).

Segundo Braga et al (2002, p.84), a turbidez é um parâmetro de importância acentuada para a vida aquática, pois com a elevação da turbidez, e consequentemente redução da transparência da água, ocorre redução nas taxas fotossintéticas, prejudicando a disponibilidade de alimento para algumas espécies, o que leva aos desequilíbrios ambientais.

Os valores de Turbidez vão de 0 a 1000 unidades nefelométricas (NTU), os valores baixos indicam poucas partículas suspensa na água e o contrário tem o aumento nos valores de turbidez que indicam a concentração de matérias em suspensão. A turbidez para a irrigação é um indicativo que determina a presença de sedimentos em suspensão na água, que em excesso pode obstruir os sistemas de irrigação, principalmente os de baixa pressão, e em relação aos ambientes aquáticos os altos valores de turbidez reduzem a taxa fotossintética e a quebra da estabilidade ambiental (FRANCO, 2008).

Segundo a resolução do CONAMA de Nº 357/2005 em relação à turbidez, para as águas de Classe 1 o permitido é de 40 unidades nefelométricas, para as Classes 2 e 3, não devem exceder 100 unidades nefelométricas (BRASIL, 2005).

## 2.5.2. Parâmetros Químicos

### 2.5.2.1. Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH refere-se a uma medida que indica se uma solução líquida é ácida ( $\text{pH} < 7$ , a 25 °C), neutra ( $\text{pH} = 7$ , a 25 °C), ou básica/alcalina ( $\text{pH} > 7$ , a 25º C).

O pH é uma função da proporção entre íons de  $\text{H}^+$  e os íons de  $\text{OH}^-$  em solução e regula numerosos processos fisiológicos que envolvem animais e vegetais e reações físico-químicas do ambiente. As águas naturais de superfície apresentam pH variando de 6,0 a 8,5, neste intervalo, o pH é o ideal à manutenção da vida aquática (LIBÂNIO, 2005, p.30).

O pH é um parâmetro químico que pode contribuir para a obstrução de tubulações e emissores em sistemas localizados. Águas com valores de pH acima de 7 podem favorecer a precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio em águas com alta dureza (NAKAYAMA e BUCKS, 1986, p.143) e a precipitação de alguns fertilizantes fosfatados de baixa solubilidade, quando utilizados para a fertirrigação (COELHO et al, 2002, p.13).

Fatores que podem influenciar os valores de pH são os lançamentos de efluentes urbanos e industriais nos cursos d'água, pela oxidação da matéria orgânica ou elementos químicos presentes, e chuvas ácidas decorrentes da poluição atmosférica, principalmente perto de grandes centros.

Segundo a resolução do CONAMA Nº 357/2005, fixam o valor de pH para proteção à vida aquática, na faixa entre 6 e 9. Para a irrigação os valores de pH estão entre baixo ( $< 7,0$ ), médio (7,0-8,0) e alto ( $> 8,0$ ) (BRASIL, 2005)

### 2.5.2.2. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água é capacidade de transmitir a corrente elétrica, devido a substâncias dissolvidas presentes que se dissociam em ânions e cátions (PORTO et al, 1991, p.43), conferindo um parâmetro químico que indica a quantidade de sais dissolvidos na água.

Os íons originam-se da dissolução ou intemperização das rochas e solos, incluindo a dissolução lenta do calcário, do gesso e de outros minerais (AYRES e WESTCOT, 1991).

Para a irrigação, o principal problema do excesso de sais na água, é que após a sua deposição no solo, se acumula à medida que a água é evaporada ou consumida pelas culturas (AYERS e WESTCOT, 1991, p.2), podendo resultar em salinização do solo.

O excesso de sais na água também pode causar a obstrução física em sistemas de irrigação, principalmente nos sistemas que operam em baixa pressão, como o localizado. A precipitação de sais nas tubulações é favorecida, sobretudo em águas básicas (NAKAYAMA e BUCKS, 1986, p.145) ou por meio de reações com fertilizantes fosfatados de baixa solubilidade utilizados em fertirrigação (COELHO et al, 2002, p.13).

Segundo a classificação proposta pelo U.S. Salinity Laboratory Staff - USDA. Agriculture Handbook nº 60 (BERNARDO, 1986, p. 95-96), o risco de salinização do solo pode ser: baixo (condutividade elétrica entre 0 e 250 µS/cm a 25°C), médio (condutividade elétrica entre 250 e 750 µS/cm a 25°C), alto (condutividade elétrica entre 750 e 2.250 µS/cm a 25°C) e muito alto (condutividade elétrica entre 2.250 e 5.000 µS/cm a 25°C).

A análise desse parâmetro permite verificar a influência da poluição no curso d'água, ou seja, o aumento do valor da condutividade elétrica indica aumento da poluição aquática.

## 2.6. Avaliação dos sistemas de irrigação

### 2.6.1. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

Christiansen (1942) foi o primeiro pesquisador que estudou a uniformidade de distribuição da água para aspersores rotativos, determinando o efeito da pressão de serviço, do espaçamento, da rotação e da velocidade do vento sobre a distribuição da água; estabeleceu o parâmetro conhecido como coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC).

Frizzone (1992) cita que o coeficiente de uniformidade expressa a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada na superfície do solo em relação à lâmina média aplicada, por meio de medidas de dispersão expressas na forma adimensional. A baixa eficiência de aplicação da irrigação por aspersão está relacionada com a não-uniformidade de distribuição de água e com as perdas de água por evaporação e arrastamento pelo vento.

### 2.6.2. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

O Soil Conservation Service (1968) propôs a equação para cálculo do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), que considera a média dos 25% menores valores de precipitação em relação à média total.

Os fatores que afetam a uniformidade de distribuição da água podem ser classificados em climáticos e não-climáticos. Os fatores climáticos são: evaporação, temperatura do ar, umidade relativa e condições locais do vento. Os fatores não-climáticos são os relacionados ao equipamento e ao método de avaliação. Quanto ao equipamento, os fatores são: pressão de operação do emissor, velocidade e alinhamento da linha lateral do equipamento, e altura do emissor. A redução da altura do emissor em relação à cultura é uma técnica muito utilizada para reduzir as perdas por evaporação e deriva. Quanto ao método de avaliação, os fatores são: o espaçamento, e o número de linhas radiais de coletores.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização da microbacia de estudo

O estudo foi realizado na parte superior da microbacia do córrego do Coqueiro localizada no noroeste paulista, dentro dos limites da Região Administrativa (RA) de São José do Rio Preto, mais precisamente no Escritório de Desenvolvimento Rural (EDR) de Jales, sob domínio da bacia do São José dos Dourados ou UGRH-18.

Este manancial tem sua nascente no município de Urânia e se insere nos domínios dos municípios de Jales, São Francisco, Palmeira d'Oeste e Dirce Reis.

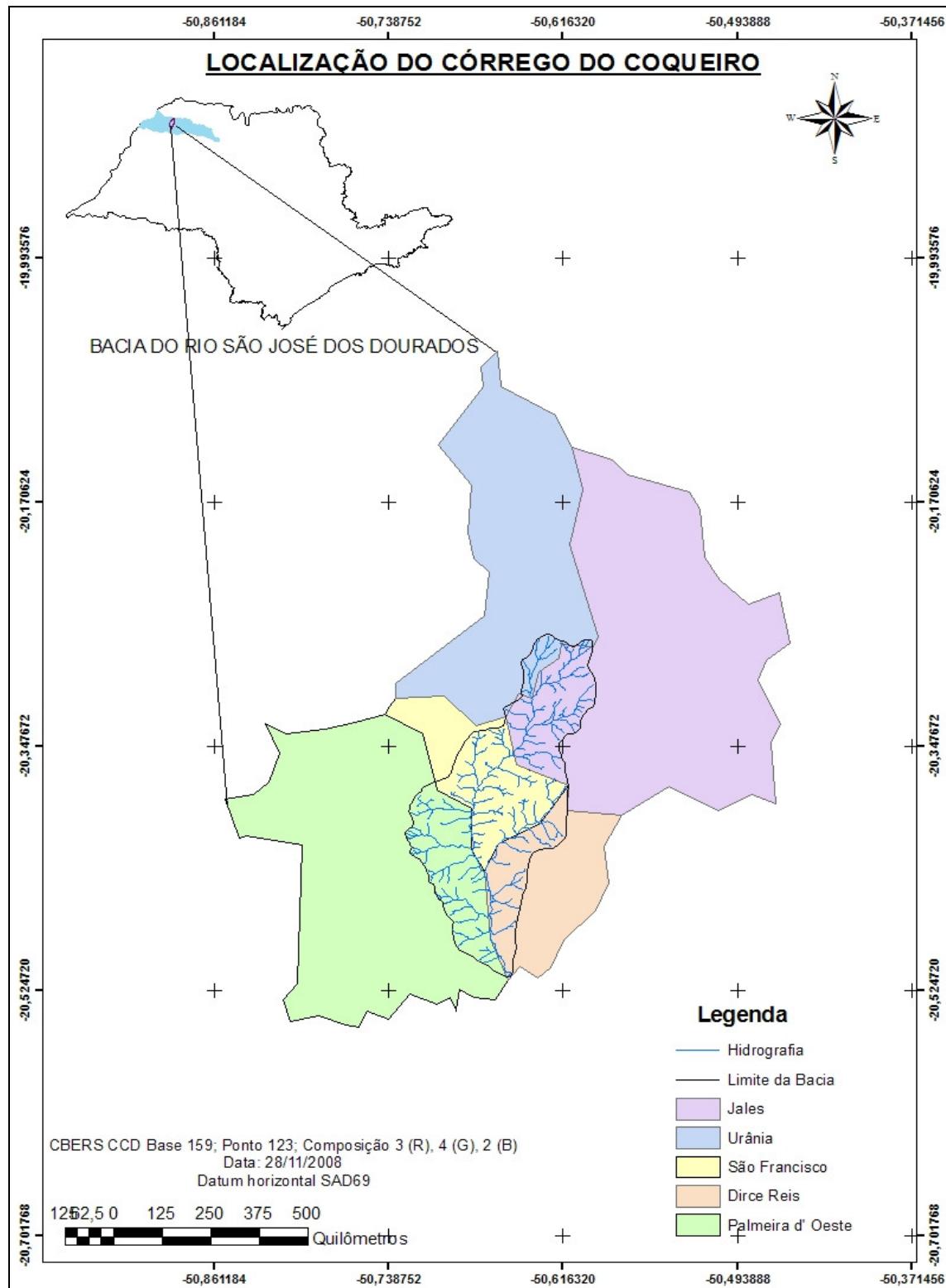
As coordenadas geográficas da área se enquadram entre as latitudes 20º 15' 25" a 20º 31' 45" Sul e as longitudes 50º 34' 44" a 50º 44' 25" Oeste, com altitude variando entre 334 e 492 m. A área da microbacia é de aproximadamente 180,2 km<sup>2</sup> e o perímetro tem aproximadamente 132,7 km de extensão (FRANCO, 2008), conforme a Figura 1.

Foi realizado o levantamento das áreas irrigadas na subbacia 1 que tem como ponto exutório as coordenadas geográficas 20º 18' 53" Sul e 50º 38' 17" Oeste, localizado a 6,0 km da nascente, próximo à rodovia Dr. Euphy Jalles (SP-563) que dá acesso à cidade de Jales, inseridas nos municípios de Urânia e Jales, conforme ilustrado na Figura 2.

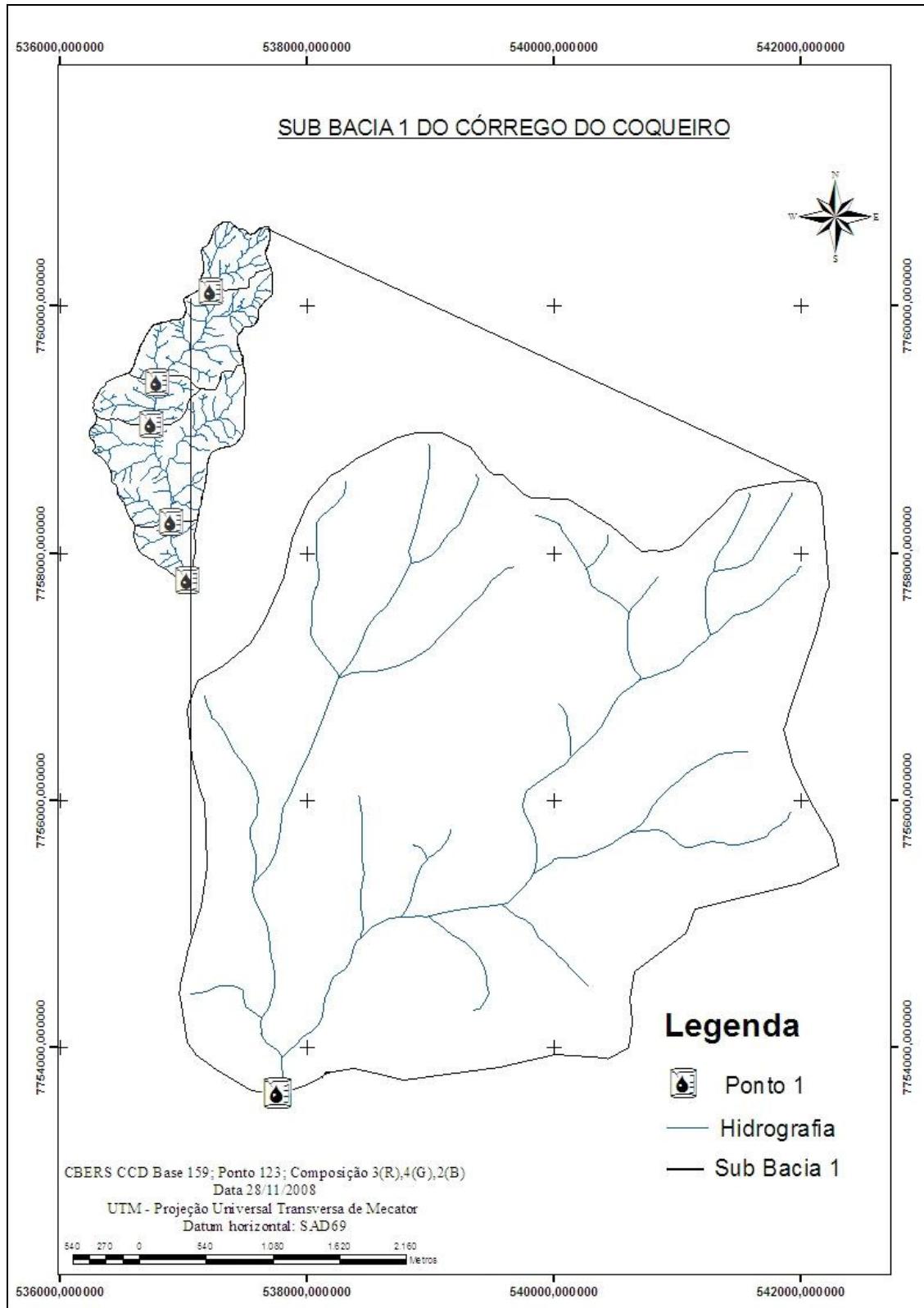
Devido à grande extensão em área abrangida pela microbacia do córrego do Coqueiro, o estudo restringiu-se apenas à subbacia 1, na parte superior, no qual foram realizados levantamentos técnicos e socioeconômicos dos irrigantes, avaliações de seus respectivos sistemas de irrigação e coletas de água para determinação de qualidade.

A área da subbacia estudada é de aproximadamente 19,4 km<sup>2</sup> e o perímetro é de aproximadamente 18,3 km de extensão, estando sob domínio dos municípios de Urânia e Jales, além de apresentar dentro de seu domínio a nascente do córrego do Coqueiro (FRANCO, 2008).

A principal via de acesso à microbacia é a Rodovia Euphy Jales (SP-563).



**Figura 1.** Localização da microbacia do córrego do Coqueiro (fonte: Barboza, 2010).

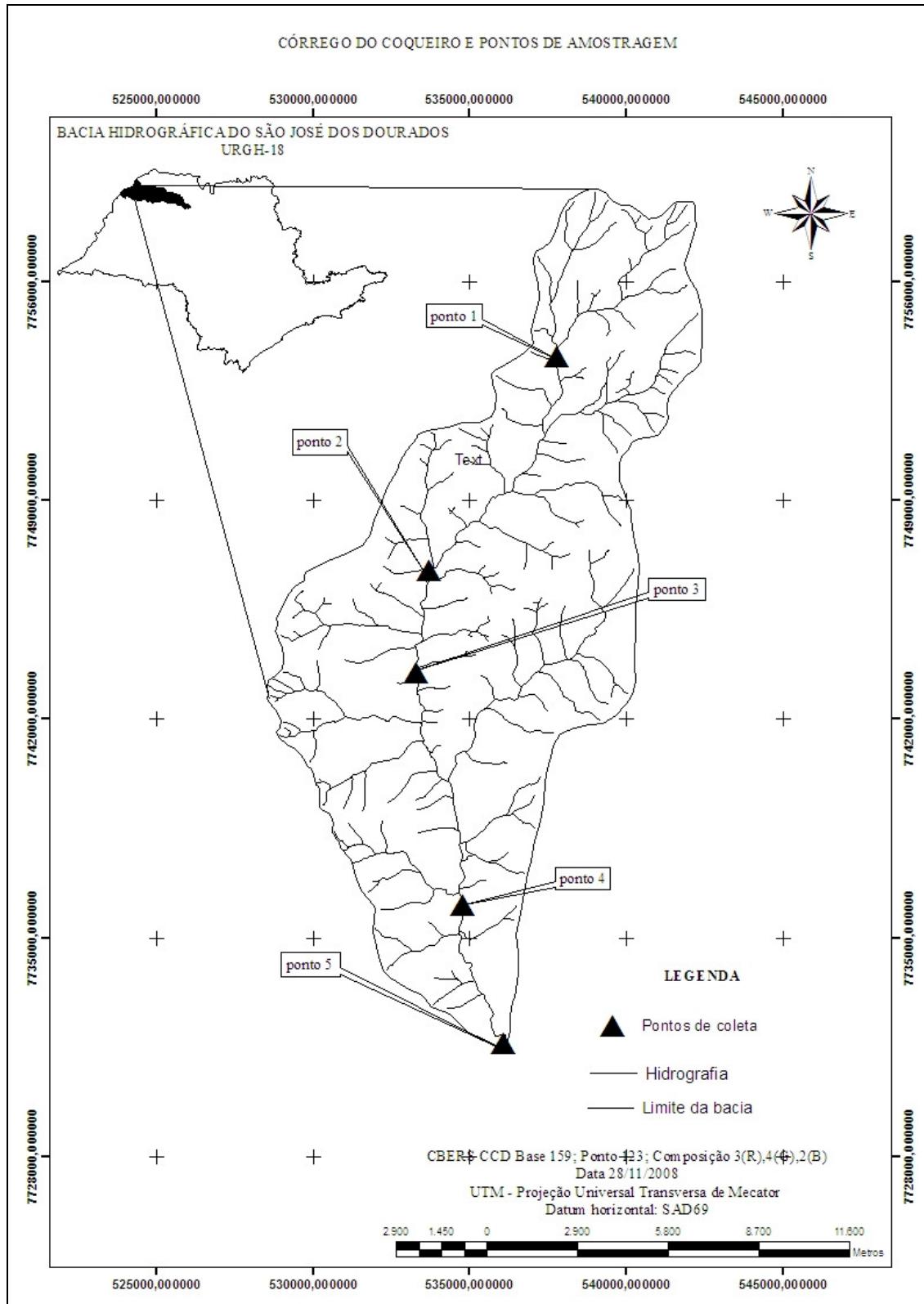


**Figura 2.** Limites da subbacia de estudo (Fonte: Barboza, 2010).

### **3.2. Divisão da microbacia em subbacias**

Pela sua importância socioeconômica, a microbacia do córrego do Coqueiro tem sido objeto de monitoramento da qualidade e da disponibilidade da água em 5 subbacias, conforme ilustrado na Figura 3 e descrito por Franco e Hernandez (2009), que utilizaram a carta do IBGE na escala de 1: 50.000 do município de Jales, com equidistância das curvas de nível de 10 metros e uma imagem do satélite CBERS obtida no período de 30 de agosto de 2007 como bases cartográficas para o levantamento de área e perímetro das subbacias, incluindo a área de interesse deste trabalho, ou seja, o trecho inicial do córrego e os pontos georreferenciados em campo.

Foram utilizados os softwares de sistema de informação geográficas ILWIS® 3.4 e ArcGIS® 10 para a construção da rede hidrográfica através do processo de vetorização, com as delimitações das subbacias e as áreas irrigadas em polígonos.



**Figura 3.** Microbacia do córrego do Coqueiro dividida em subbacias (Fonte: Barboza, 2010).

### **3.3. Características socioeconômicas**

Composta por 25 municípios, esta Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos abriga pouco mais de 0,5% da população do Estado e, de acordo com dados do Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004-2007, 84% dos habitantes vivem em áreas urbanas. Nessa UGRHI são coletados 96% do total do esgoto gerado e tratados 96% (DAEE, 2006b).

Predomina a atividade agropecuária, com ênfase no cultivo de cana-de-açúcar e de laranja, além de pastagens. A interdependência de setores que se integram e se complementam pode ser verificada pela presença de usinas de açúcar e álcool e curtumes.

Para caracterizar os municípios que abrangem a microbacia de estudo em relação à população, principais lavouras permanentes e visando estabelecer parâmetros para comparação da produtividade nacional de uva com a produtividade da região estuda foi consultado o site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

### **3.4. Geologia e caracterização da vegetação**

A microbacia do córrego do Coqueiro é uma subbacia de 4º ordem, sendo um dos afluentes da margem direita do Rio São José dos Dourados, situada no Planalto Ocidental, com relevo levemente ondulado, com cimento para oeste (SÃO PAULO, 2006).

As unidades geológicas que afloram nesta bacia são as rochas ígneas basálticas do Grupo São bento, Formação Serra Geral e as rochas sedimentares do Grupo Bauru, Formação Caiuá (Comitê da Bacia do São José dos Dourados, 2003).

Os municípios de São Francisco e Dirce Reis apresentam criticidade média e os municípios de Jales e Palmeira d'Oeste criticidade alta em relação ao processo erosivo (SÃO PAULO, 2006).

A vegetação natural encontra-se extremamente reduzida, representando apenas 2,8% de sua área total, com remanescentes de Cerrado e da Floresta Estacional Semidecídua bastante fragmentados por se situar em área que passou por grande transformação econômica. É a UGRHI com menor índice de vegetação natural do Estado de São Paulo. Não há unidades de conservação em seu território (CETESB, 2009).

Segundo Franco (2008) na microbacia do Córrego do Coqueiro existem dois fragmentos florestais remanescentes, a jusante ( $2,21 \text{ km}^2$ ) e a montante ( $1,74 \text{ km}^2$ ) do ponto 4 de monitoramento, ocupando 2,19% da área total da bacia hidrográfica.

### 3.5. Recursos hídricos e uso da água

Os principais rios da UGRH-18 são o São José dos Dourados e Paraná, desde a foz do rio Paranaíba até a barragem do Reservatório de Ilha Solteira.

A UGRH-18 que tem área de drenagem de 6783 km<sup>2</sup> apresenta a seguinte disponibilidade hídrica, vazão média de 51 m<sup>3</sup>/s e vazão mínima no período de déficit hídrico de 12 m<sup>3</sup>/s (DAEE, 2006b).

**Tabela 1.** Uso da água na UGRH-18.

Categoría de uso	Demand (m <sup>3</sup> /s)	Porcentagem (%)
Irrigação	1,76	69,5
Urbano	0,47	18,5
Industrial	0,30	12,0
<b>Total</b>	<b>2,53</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica, PERH 2004-2007.

De acordo com Feitosa et al (2010) o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) registra atualmente 85 pedidos de Outorgas na microbacia do córrego do Coqueiro havendo um aumento de 124% nos últimos 2 anos. Estas Outorgas representam 7,0% do total de 1214 pedidos protocolados atualmente na Bacia do rio São José dos Dourados. Quanto ao tipo de uso da água observa-se que a maior parte dos requerimentos de Outorga referem-se a captação superficial, que representa 48,2% das fontes de água. A classificação como reservação ou armazenamento de água em tanques escavados em sub-superfície com abastecimento por lençol freático foi uma prática adotada e estimulada e representa 44,7% das outorgas, que somadas aos 7,1% classificados como barramentos, totalizam 51,8% das fontes de água, evidenciando a baixa disponibilidade hídrica da microbacia. A maior parte dos pedidos de Outorga do uso da água na microbacia do córrego do Coqueiro é destinada para a irrigação, representando 54,1%, seguido pelo uso na dessedentação animal (21,2%), regularização de vazão em forma de barragem (18,8%) e combate à erosão (5,9%).

### 3.6. Clima

A classificação climática para a região, segundo Köeppen, é o subtropical úmido, Cwa, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso (Pereira et al, 2002).

O déficit hídrico na região é prolongado, representando oito meses do ano e apresenta a maior evapotranspiração do Estado de São Paulo com susceptibilidade a veranicos, havendo então necessidade do uso de sistemas de irrigação. (HERNANDEZ et al, 2003).

A região se caracteriza com precipitação anual de 1.111 mm e, evapotranspiração potencial anual de 1.421 mm, totalizando déficit hídrico de 480 mm (SANTOS et al, 2010).

Os parâmetros climáticos médios determinados para a microbacia foram obtidos com a coleta de dados no período de estudo, por meio de um datalogger acoplado a uma estação agrometeorológica automática Campbell CR-23X instalada no município de Marinópolis e operada pela Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Campus de Ilha Solteira. Os valores médios do clima do primeiro semestre de 2010, determinados para a microbacia do córrego do Coqueiro, estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Parâmetros climáticos médios durante o período de estudo em Marinópolis-SP.

Parâmetros	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Média
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) <sup>1</sup>	25,7	26,3	25,9	22,6	20,4	22,3	23,9
Umidade Relativa (%) <sup>1</sup>	79,1	75,9	74,8	73,2	70,9	53,4	71,2
Radiação Global ( $\text{MJ/m}^2.\text{mês}$ ) <sup>1</sup>	17,5	18,6	18,8	16,6	14,3	15,1	16,8
Radiação Líquida ( $\text{MJ/m}^2.\text{mês}$ ) <sup>1</sup>	6,2	12,8	13,1	10,9	9,2	9,1	10,2
<b>Acumulado</b>							
ET <sub>0</sub> PN-M* ( $\text{mm/mês}$ ) <sup>2</sup>	80,6	119,3	148,8	83,2	95,0	57,2	584,1
Precipitação ( $\text{mm/mês}$ ) <sup>2</sup>	238,0	191,4	182,1	84,3	12,4	0,0	708,2

**Fonte:** Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP de Ilha Solteira

<sup>1</sup> Média mensal

<sup>2</sup> Acumulada no mês

\* Evapotranspiração Penman-Monteith (ALLEN et al, 1998).

### 3.7. Avaliação das propriedades

Nas saídas de campo, para se ter destino certo, foram obtidos através do DAEE as coordenadas geográficas das propriedades que apresentavam Outorga dentro do domínio da microbacia do córrego do Coqueiro. Outorga é um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, o qual compete à Agência Nacional de Águas, ANA outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União, bem como emitir outorga preventiva.

Contudo, a avaliação não ficou restrita somente às propriedades que apresentavam Outorga, todas as propriedades que apresentavam sistema de irrigação nos domínios da subbacia 1 da microbacia do córrego do Coqueiro foram avaliadas, quando de acordo e permissão dos proprietários.

No trabalho de campo foram avaliadas apenas propriedades inseridas dentro dos limites da subbacia 1, que apresentavam uso de algum tipo de sistema de irrigação, totalizando um quadro de 8 propriedades irrigantes, dentro das quais foram avaliados 16 sistemas de irrigação.

No final do estudo os proprietários receberam um relatório final sobre a eficiência de seus respectivos sistemas de irrigação e orientações técnicas quando necessário.

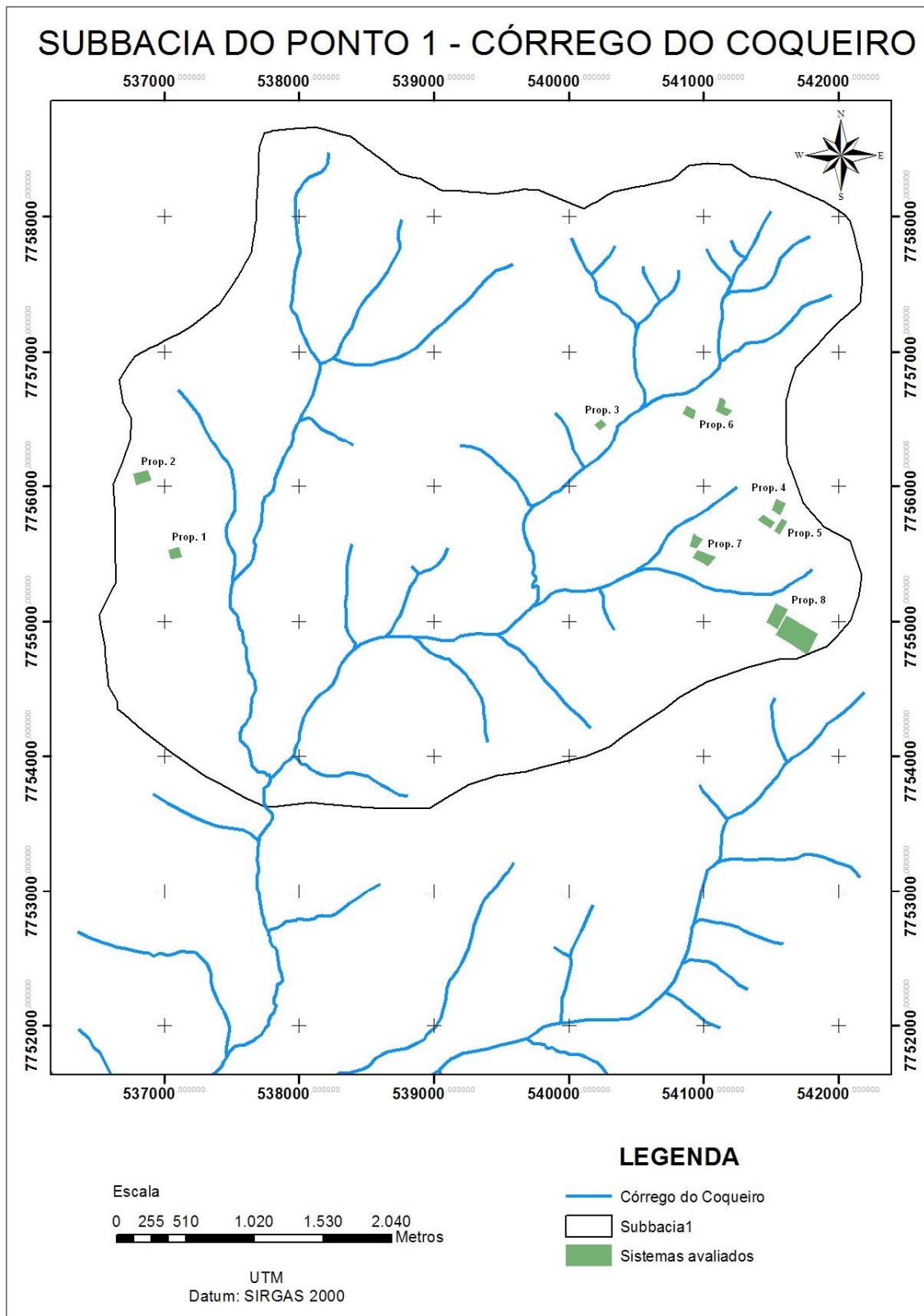


**Figura 4.** Entrevista com um produtor irrigante.



**Figura 5.** Anotação das características técnicas de um conjunto motobomba.

### 3.8. Localização das propriedades irrigantes



**Figura 6.** Propriedades irrigantes avaliadas nos limites da subbacia 1.

### 3.9. Coleta e análise da água

#### 3.9.1 Coleta de água para determinação da qualidade

Em cada propriedade avaliada foram coletadas amostras de água na captação e em cada sistema de irrigação dentro de cada propriedade, armazenadas em garrafas de polietileno de 2L bem higienizadas com água destilada, sendo posteriormente levadas ao laboratório.

Os parâmetros físicoquímicos analisados no Laboratório de Hidráulica e Irrigação da UNESP *Campus* de Ilha Solteira foram sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, turbidez, pH e condutividade elétrica.

As análises laboratoriais de sólidos totais, sólidos suspensos e sólidos dissolvidos foram realizadas de acordo com o método gravimétrico. O pH, turbidez e condutividade elétrica foram determinados diretamente por peagâmetro, turbidímetro e condutivímetro respectivamente.

As análises de pH foram realizadas com no máximo 12 horas da coleta, as análises de turbidez e condutividade elétrica foram realizadas com no máximo 24 horas da coleta e as análises dos sólidos foram realizadas com no máximo 7 dias da coleta, com o objetivo de não alterar os resultados.

A síntese dos parâmetros avaliados, bem como os métodos e equipamentos empregados nas análises estão apresentados a seguir na Tabela 3.

**Tabela 3.** Síntese das metodologias e equipamentos utilizados nas análises dos parâmetros físicoquímicos de água avaliados.

Parâmetro	Método	Precisão	Equipamentos
Sólidos totais			Proveta e bêquer de 100 mL, balança eletrônica de precisão JK-200 da YMC CO, estufa 305 SE da Fanem, dissecador e papel de filtro (poros 28 µm).
Sólidos dissolvidos	Gravimétrico	1,0 mg/L	
Sólidos suspensos			
Turbidez	Nefelométrico	0,1 NTU	Turbidímetro 2020 La Motte
pH	Peagâmetro	0,01	Peagâmetro Q-400A da Quimis
Cond. elétrica	Eletrodo platina	0,1 µS/cm a 25º C	Condutivímetro DM3 Digimed

### 3.9.2 Coleta de água para avaliação dos sistemas de irrigação

Em cada sistema de irrigação foram coletadas diversas amostras de modo a se obter um numero representativo para os cálculos subsequentes.

Nos sistemas de microaspersão foram utilizadas provetas graduadas de 1L para coletar água dos microaspersores em três pontos posicionadas na mesma linha lateral, no primeiro emissor, no emissor posicionado a 50% do comprimento total da linha lateral e no último emissor medindo a precipitação que era coletada por três vezes para obtenção da média a ser utilizada nos cálculos posteriores e seus respectivos tempos de enchimento eram controlados com auxílio de um cronômetro e finalmente os dados anotados em uma planilha de campo. Este procedimento era realizado em três linhas laterais distribuídas no início, meio e final de cada setor de irrigação.

Nos sistemas de aspersão convencional, para a coleta de água, foram utilizados coletores de mesma área e volume com suportes para dar fixação ao solo e foram distribuídos em duas linhas diagonais cruzando toda a área irrigada, espaçados regularmente, em um formato de “X” dentro da área. Durante a coleta da água o volume coletado foi transformado em milímetro com uso de provetas graduadas sendo anotado na planilha de campo e o tempo de irrigação sempre era controlado e anotado.



**Figura 7.** Membro da equipe coletando água para posterior avaliação da irrigação em um sistema de microaspersão invertida em uva.



**Figura 8.** Membros da equipe coletando água para determinar a vazão do aspersor em um sistema de aspersão convencional em milho.

### 3.10. Análise dos dados

Em relação aos parâmetros físicoquímicos, como ainda não existe nenhuma classificação completa de qualidade de água para a irrigação, que abrange todos os parâmetros que podem ocasionar algum tipo de problema nos sistemas de irrigação, procurou-se integrar as classificações existentes na literatura, para se estabelecer padrões de qualidade de água para a irrigação.

**Tabela 4.** Limites estabelecidos para os parâmetros avaliados na classificação da qualidade de água para a irrigação.

Problema	Classificação	Limites estabelecidos			Referência
		Baixo	Médio	Alto	
Dano a sistemas de irrigação	Sólidos suspensos (mg/L)	< 50	50 - 100	> 100	NAKAYAMA e BUCKS (1986)
	Sólidos dissolvidos (mg/L)	< 500	500 - 2000	> 2000	
	pH	< 7,0	7,0 - 8,0	> 8,0	
Excesso de sólidos e carga orgânica	Classificação	Adequado	Inadequado		Resolução nº 357/05 CONAMA Água Classe II
	Turbidez (NTU)	≤ 100	> 100		
Risco de salinização solo	Classificação	Baixo	Médio	Alto	U.S.D.A. Agriculture Handbook Nº 60 apud Bernardo (1986)
	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ a $25^\circ\text{C}$ )	< 250	250 - 750	> 750	

Depois de estabelecida a classificação, a caracterização da qualidade de água foi realizada por meio de tabelas contendo dados de estatística descritiva (mínimo, máximo e média) e os resultados das análises, expressos em porcentagem (VANZELA, 2004).

Na análise dos dados referentes à eficiência dos sistemas de irrigação foram calculados os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) e os Coeficientes de Uniformidade de Distribuição de (CUD) de cada sistema de irrigação dentro de cada propriedade avaliada e comparou-se com base nos resultados dos trabalhos de Merrian e Keller (1978), apresentados na Tabela 5.

O CUC foi calculado aplicando-se a equação 1 (CHRISTIANSEN, 1942)

$$CUC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Xi - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}}$$

equação 1

em que,

*CUC* - coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

*Xi* - precipitação no coletor de ordem i, mm;

*X̄* - média aritmética das precipitações, mm; e

*n* - número de coletores.

Para o cálculo do CUD, aplicou-se a equação 2 (SOIL CONSERVATION SERVICE, 1968).

$$CUD = \frac{\bar{X}_{25}}{\bar{X}}$$

equação 2

em que,

*CUD* - coeficiente de uniformidade de distribuição, %,

*X̄<sub>25</sub>* - média de 25% do total de coletores com as menores precipitações, mm, e

*X̄* - média aritmética das precipitações, mm.

Na Tabela 5 são apresentados os limites estabelecidos para comparação com os Coeficientes de Uniformidade encontrados nos sistemas de irrigação.

**Tabela 5.** Limites estabelecidos de CUC e CUD em relação à profundidade.

Profundidade do sistema radicular	Limites estabelecidos		Referência
	CUC (%)	CUD (%)	
Raso	> 88%	> 80	MERRIAN e KELLER (1978)
Médio	80 – 88	70 - 80	
Profundo	70 – 80	50 - 70	

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Características socioeconômicas da região

Em municípios de baixa população, com ausência de empresas de pequeno, médio e grande porte, não existe outra saída para a geração de capital a não ser a atividade agrícola e o pequeno comércio urbano existente. Diante deste fato, parte representativa da população é rural, onde atua exercendo a mão-de-obra necessária para realizar as atividades rurais, como exposto a seguir na Tabela 6.

A economia da região é proveniente do setor agrícola, onde as propriedades, na maioria de pequeno porte, apresentam no máximo 100 hectares e o administrador é sempre o próprio proprietário. Em regiões onde predominam pequenas propriedades, uma boa opção pode ser o cultivo de frutíferas, que proporcionam alta rentabilidade por área quando comparadas com grandes culturas.

**Tabela 6.** População total e urbana dos municípios pertencente à microbacia do Coqueiro, corpo receptor de lançamento de efluentes e principais lavouras permanentes por município.

Município	População IBGE 2008 <sup>1</sup>		Corpo Receptor <sup>2</sup>	Principais lavouras permanentes por município <sup>1</sup>	
	Total	Urbana		Cultura	Área (ha)
Urânia	8727	7273	Córrego do Comprido	Laranja Limão Uva	625 195 90
Jales	49681	45543	Córrego Marimbondo	Laranja Café Uva	1450 300 150
São Francisco	2893	2077	Córrego Botelho	Laranja Limão Uva	680 50 42
Palmeira d'Oeste	9771	6707	Córrego Laranjeiras	Laranja Limão Uva	1042 742 170
Dirce Reis	1624	1076	Córrego Marimbondo	Café Laranja Seringueira	150 149 40
<b>Total</b>	<b>63969</b>	<b>55403</b>			

**Fonte:** <sup>1</sup>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Cidades, Lavoura Permanente 2008. <sup>2</sup>CETESB, 2009.

Na Tabela 7 são apresentadas as características da atividade vinícola dos estados brasileiros e da região produtiva do noroeste paulista.

**Tabela 7.** Exploração de uva nos estados do Brasil e no noroeste paulista.

Exploração	Produção (ton/ano)	Área colhida (ha)	Produtividade (kg/ha/ano)
<b>Estados do Brasil</b>			
Rio Grande do Sul	776.964	47.177	16.469
São Paulo	193.534	10.565	18.318
Pernambuco	165.075	5.864	28.150
Paraná	101.500	5.800	17.500
Bahia	97.481	4.217	23.116
Santa Catarina	58.330	4.836	12.061
Minas Gerais	13.711	874	15.777
Goiás	5.619	122	46.057
Ceará	2.624	87	30.160
Paraíba	1.980	110	18.000
Mato Grosso	1.672	126	13.629
Espírito Santo	1.061	50	21.220
Mato Grosso do Sul	460	31	14.838
Rondônia	260	34	7.647
Piauí	120	6	20.000
Tocantins	72	4	18.000
Rio de Janeiro	50	5	10.000
<b>Soma/Média</b>	<b>1.420.013</b>	<b>79.908</b>	<b>17.776</b>
<b>Noroeste Paulista</b>			
Palmeira d'Oeste	8.225	235	35.000
Jales	5.850	150	39.000
Urânia	3.510	90	39.000
São Francisco	1.386	40	34.650
Dirce Reis	zero	zero	zero
<b>Soma/Média</b>	<b>18.971</b>	<b>515</b>	<b>36.912</b>

**Fonte.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Cidades, Lavoura Permanente 2008.

A produtividade média de 36,9 ton/ha/ano do noroeste paulista é superior à região sul. No Rio Grande do Sul, a produtividade média é de 16,5 ton/ha/ano com uma colheita por ano, no noroeste paulista são duas colheitas anuais.

Em relação à produtividade média nacional de 17,7 ton/ha/ano, o noroeste paulista tem mais que o dobro desta, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 7, indicando o elevado potencial produtivo da região na produção de uva.

A alta produtividade do Estado do Goiás, assim como da região do noroeste paulista é resultado da utilização de tecnologia no sistema produtivo de uva, principalmente a irrigação, garantindo ao produtor maior retorno financeiro em relação aos produtores convencionais e é um dos fatores que explicam o grande crescimento e desenvolvimento socioeconômico destas regiões.

## 4.2. Características operacionais das propriedades

De acordo com o levantamento realizado nas propriedades avaliadas, nas Tabelas 8 e 9 são apresentados resumidamente os resultados obtidos.

**Tabela 8.** Levantamento das propriedades irrigantes inseridas na subbacia 1, parte superior da microbacia do córrego do Coqueiro.

Propriedade	Outorga	Captação	Fertirrigação	Método de manejo da irrigação	Assistência técnica*
1	Não	Poço	Não	Não	Sim
2	Sim	Poço	Não	Não	Sim
3	Não	Córrego	Não	Não	Sim
4	Não	Poço	Não	Não	Não
5	Não	Poço	Não	Não	Sim
6	Sim	Açude	Não	Não	Não
7	Não	Açude	Não	Não	Sim
8	Sim	Córrego	Não	Não	Sim

\*Recebe assistência técnica, contudo, não regularmente.

**Tabela 9.** Caracterização das propriedades irrigantes avaliadas na subbacia 1 da microbacia do córrego do Coqueiro, expresso em porcentagem (%).

	Quantidade propriedades	Porcentagem (%)
<b>Outorga</b>	Sim	3
	Não	5
<b>Captação</b>	Poço	4
	Córrego	2
	Açude	2
<b>Fertirrigação</b>	Sim	0
	Não	8
<b>Método de manejo da irrigação</b>	Sim	0
	Não	8
<b>Assistência técnica</b>	Sim	6
	Não	2

Das 8 propriedades avaliadas somente 3, ou seja, 37,5% delas apresentam Outorga, evidenciando a falta de fiscalização existente em relação ao uso da água nesta região, mais precisamente o noroeste paulista.

De acordo com Feitosa (2010), o número de Outorgas na subbacia 1, na parte superior da microbacia do córrego do Coqueiro está exato, contudo, as visitas a campo realizadas pela Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP de Ilha Solteira evidenciam que o número real de irrigantes é muito superior ao encontrado no banco de dados do DAEE, isto se justifica pelo fato de que muitos irrigantes, por falta de

conhecimento, condições técnicas ou financeiras, ainda não efetuaram o pedido de Outorga.

Pelo fato da região ser repleta de propriedades de pequeno porte, muitas das propriedades não apresentam o córrego dentro de seu domínio ou simplesmente fazendo divisa, com isto a maior parte das propriedades apresentam poços como fonte de captação de água. Na região estudada, 50,0% das propriedades tem captação de água sendo realizada em sub-superfície, mais especificamente em poços, 25,0% tem captação realizada em açudes construídos artificialmente e 25,0% das propriedades tem captação realizada em córregos pertencentes à microbacia de estudo.

A fertirrigação, que pode trazer benefícios e redução de custos de produção para os produtores, pois dispensa o uso de máquinas e implementos agrícolas na aplicação de fertilizantes não é utilizada em nenhuma das propriedades avaliadas.

Métodos de manejo da irrigação são muito importantes para se determinar a hora e a quantidade certa de irrigar, mas infelizmente na região estudada nenhum produtor faz uso dos métodos existentes.

Assim como citado por Santos et al (2010) a grande dificuldade dos vários pequenos produtores rurais que compõe esta região é determinar quanto e quando irrigar. A ausência da utilização destes métodos pode ser reflexo da falta de assistência técnica adequada, bem como falta de extensão rural por parte das universidades e órgão governamentais relacionados diretamente ao setor.

A assistência técnica existe em 75,0% das propriedades, contudo não é realizada regularmente. Em contexto de Brasil, quando consideramos pequenas propriedades, onde normalmente a assistência técnica é menos evidente, esta região supera as expectativas.

De acordo com o Censo 2006, apenas 8% dos estabelecimentos agropecuários estão na vanguarda tecnológica, pois geram 85% do valor total produzido e cerca de 92% dos estabelecimentos são responsáveis por 15% do valor da produção, mostrando a baixa capacidade de absorção tecnológica da maioria dos produtores. Só 9% dos estabelecimentos receberam regularmente assistência técnica em 2006, evidenciando a vulnerabilidade tecnológica.

A falta de acesso às tecnologias, somada ao baixo conhecimento, compromete o futuro dos pequenos produtores, pois não conseguirão ser competitivos no mercado.

### 4.3. Qualidade da água

Apenas a instalação de sistemas de irrigação na propriedade não basta, o produtor deve estar ciente de que a água utilizada para a irrigação deve ser de boa qualidade e ter disponibilidade, principalmente nos meses de déficit hídrico, além do sistema operar em perfeitas condições, alcançando seu máximo rendimento e eficiência de aplicação, o programa de manutenção do sistema que evita vazamentos é indispensável, assim como o conhecimento sobre métodos de controle da irrigação como, por exemplo, evapotranspiração e uso de tensímetros, para se determinar a hora certa e a quantidade de água que deve ser aplicada na cultura, evitando possíveis desperdícios e gastos energéticos sem necessidade.

Contudo, um grave problema observado na região estudada é a falta de manutenção ou manutenção inadequada dos sistemas de irrigação, evidenciada pelos inúmeros vazamentos ao longo das tubulações que compõem o sistema.

Em relação à qualidade da água os resultados obtidos através das análises são apresentados conforme descrito na Tabela 10.

**Tabela 10.** Análise dos parâmetros físicoquímicos da qualidade da água.

Prop.	Fonte	Amostra	pH	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Turbidez (NTU)	SS (mg/L)	SD (mg/L)	ST (mg/L)
1	Poço	Captação	7,1	376,0	0,0	8	298	306
		Setor 1	7,9	380,0	0,0	53	262	315
		Setor 2	7,6	375,0	0,0	11	255	266
2	Poço	Setor 1	7,7	204,0	5,6	35	150	185
		Setor 2	7,1	222,0	20,8	96	152	248
3	Córrego	Captação	7,4	210,0	4,3	4	120	124
		Setor 1	7,5	212,0	5,6	2	138	140
4	Poço	Captação	6,9	224,0	0,0	1	179	180
		Setor 1	6,5	225,0	0,4	11	183	194
5	Poço	Captação	7,1	376,0	0,4	7	247	254
		Setor 1	7,0	374,0	0,2	3	288	291
		Setor 2	6,9	365,0	0,5	48	250	298
		Setor 3	6,8	376,0	0,0	18	255	273
6	Açude	Captação	5,6	79,0	3,7	0	31	31
		Setor 1	6,6	78,2	4,5	21	26	47
		Setor 2	6,7	83,5	5,7	9	22	31
		Setor 3	6,8	81,9	5,5	3	34	37
7	Açude	Captação	6,9	78,0	13,8	14	24	38
		Setor 1	6,9	78,5	10,1	25	40	65
		Setor 2	6,9	77,1	15,0	8	41	49
8	Poço	Captação	7,0	32,2	0,1	19	256	275
		Setor 1	7,1	31,6	1,2	11	240	251
		Setor 2	7,0	31,0	0,6	6	231	237
<b>Média</b>			7,0	198,7	4,26	17,9	161,8	179,7

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 10 e confrontando-se com a Tabela 4, o pH médio da água, respectivamente 7,0, oferece médio potencial de dano aos sistemas de irrigação, possibilitando a precipitação de sais nas tubulações segundo Nakayama e Bucks (1986). Nenhuma amostra analisada apresentou pH com alto potencial de dano.

A condutividade elétrica média de 198,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  oferece baixo risco de salinização do solo, conforme classificação do U.S.D.A. Agriculture citado por Bernardo (1986) e a turbidez média de 4,26 NTU se encontra adequada, segundo a Resolução nº 357/05 CONAMA (BRASIL, 2005), apresentando baixo nível de sólidos e carga orgânica. Nenhuma amostra analisada apresentou nível de turbidez inadequado.

A captação quando realizada em poços apresenta água de maior qualidade em relação aos parâmetros físicos, principalmente a turbidez, fato este que influência em uma melhor eficiência dos sistemas de irrigação, onde o risco de entupimento dos aspersores é reduzido e consequentemente, a uniformidade de distribuição é mais adequada.

Em relação aos sólidos, os suspensos apresentaram média de 17,9 mg/L e os dissolvidos apresentaram média de 161,8 mg/L, indicando baixo risco de dano aos sistemas de irrigação de acordo com Nakayama e Bucks (1986), não havendo então necessidade da utilização de sistemas de filtragem da água.



**Figura 9.** Vazamento na tubulação recalque.

#### 4.4. Coeficientes de uniformidade: CUC e CUD

Os resultados dos coeficientes de uniformidade conforme realizações das avaliações dos sistemas de irrigação são apresentadas na Tabela 11.

**Tabela 11.** Análise dos coeficientes de uniformidade (CUC) e (CUD).

Prop.	Amostra	Tipo	Cultura	Área (ha)	CUC (%)	CUD (%)
1	Setor 1	Microaspersão inv.	Uva Niagara	0,61	88,60	86,30
	Setor 2	Microaspersão normal	Limão Taiti		87,11	84,54
2	Setor 1	Microaspersão inv.	Uva Niagara	1,00	95,43	94,04
	Setor 2	Microaspersão inv.	Uva Niagara		86,30	85,60
3	Setor 1	Microaspersão inv.	Uva Niagara	0,39	87,91	87,41
4	Setor 1	Microaspersão inv.	Uva Rubi	0,73	95,59	93,50
5	Setor 1	Microaspersão inv.	Uva Niagara	1,12	81,40	77,70
	Setor 2	Microaspersão inv.	Uva Niagara		88,20	80,00
	Setor 3	Microaspersão inv.	Uva Niagara		86,43	86,35
6	Setor 1	Microaspersão inv.	Milho	1,32	89,20	85,00
	Setor 2	Aspersão conv.	Eucalipto / Milho		79,30	64,40
	Setor 3	Aspersão conv.	Milho		83,60	57,50
7	Setor 1	Microaspersão inv.	Uva Niagara	1,68	62,80	62,20
	Setor 2	Microaspersão inv.	Uva Niagara		86,90	86,10
8	Setor 1	Microaspersão inv.	Uva Niagara	6,13	92,90	92,60
	Setor 2	Microaspersão normal	Laranja Pêra		37,80	30,40
<b>Soma/Média</b>				12,98	83,09	78,35

Confrontando-se os resultados da Tabela 11 com os resultados de Merrian e Keller (1978) apresentados na Tabela 5, os valores médios do CUC e CUD, 83,09% e 78,35% respectivamente, estão dentro dos limites estabelecidos, indicando uma boa uniformidade de distribuição, levando-se em consideração que o sistema radicular da uva seja classificado como de média profundidade.

O principal tipo de sistema de irrigação utilizado nesta região é a microaspersão invertida, onde em 16 sistemas de irrigação avaliados, 12 destes são do tipo microaspersão invertida, representando 75,0% dos sistemas avaliados, isto se deve ao fato de que está é uma das principais regiões produtoras de uva no Brasil, e quando se trata de parreiras irrigadas, a microaspersão invertida é sem dúvida nenhuma o sistema mais adequado.

Portanto, para o desenvolvimento sócio-econômico de regiões com economia dependente do setor agrícola, a adoção de sistemas de irrigação é uma ferramenta de extrema importância e que sem dúvida nenhuma acelera este desenvolvimento, contribuindo para melhorar a qualidade de vida da população.

## 5. CONCLUSÕES

A principal cultura irrigada nesta região é a uva variedade Niagara, com produtividade bem superior à média nacional e apresenta a microaspersão invertida como principal tipo de sistema de irrigação.

O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) encontram-se dentro dos limites estabelecidos, indicando que os sistemas de irrigação apresentam condições de operar com alta eficiência, porém é necessário o manejo da irrigação.

Os parâmetros físicos (sólidos suspenso, sólidos dissolvidos e turbidez) e químicos (pH e condutividade elétrica) apresentaram classificação de baixo a médio potencial de dano ao sistema de irrigação.

## 6. REFERENCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements.** Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, 1998. 297p.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D.W. **Qualidade de água na agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1991 (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem).

BARBOZA, G. C. **Monitoramento da qualidade e disponibilidade da água do córrego do Coqueiro no noroeste paulista para fins de irrigação.** Ilha Solteira, 2010, 145f. Tese de Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação.** 4. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 1986. 488p.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. **Monitoramento de quantidade e qualidade das águas.** In: Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G.(Org.). Água doce no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed.. São Paulo: Escrituras Editoras, 2006. cap.5, p.145-160.

BRASIL. Decreto-Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jan 1997. Seção IV, p.45. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/planejamento.aspx>. Acesso em: 18. mai. 2010.

BRASIL. **Resolução Nº 357 de 17 de março de 2005.** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em: 01. jun. 2010.

CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática.** Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372p.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling.** Berkley: University of California, 1942. 124p.

CHRISTOFIDIS, D. **Água e a crise alimentar.** [s.l.: s.n.], 1997.14p. Disponível em: <[www.iica.org.br/Aguatrab/Demetrios%20Christofidis/P2TB01.htm](http://www.iica.org.br/Aguatrab/Demetrios%20Christofidis/P2TB01.htm)>. Acesso em: 20. mai. 2010.

CHRISTOFIDIS, D. **Recursos hídricos e irrigação no Brasil.** Brasília: CDS/UnB, 1999. 34p.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, A. S.; BORGES, A. L. Aspectos básicos da fertirrigação. In: BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. **Fertirrigação em fruteiras tropicais.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. cap. 1, p.9-14.

COMITÊ DA BACIA DO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS. **Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para elaboração do plano da Bacia Hidrográfica do São José dos Dourados.** São Paulo: CBH - SJD, 2000. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br>>. Acesso em: 22. jun. 2010.

COMPANHIA TECNOLÓGICA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidades das águas interiores do Estado de São Paulo 2008 / CETESB.** São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em: 21. Jun. 2010

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. cap. 7, p.337-379.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Pesquisa de dados dos recursos hídricos do estado de São Paulo.** São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.daee.sp.gov.br>>. Acesso em: 25. mai. 2010.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Água.** São Paulo, 2006a. Disponível em:<<http://www.daee.sp.gov.br>>. Acesso em: 20. mai. 2010.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Plano Estadual dos Recursos Hídricos 2004-2007.** São Paulo, 2006b. Disponível em:<<http://www.daee.sp.gov.br>>. Acesso em: 20. mai. 2010.

FEITOSA, D. G.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M.; LIMA, R. C.; DE MORAES, J. F. L. **Uso da água na microbacia do córrego do Coqueiro na região do noroeste paulista.** Ilha Solteira, 2010, Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <[http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/w\\_coq.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/w_coq.pdf)> Acesso em: 23. set. 2010.

FRANCO, R. A. M. **Qualidade da água para irrigação na microbacia do córrego do coqueiro no noroeste paulista.** Ilha Solteira, 2008, 84f. Dissertação. (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

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. Disponível em:<[http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/agriambi\\_coqueiro2009.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/agriambi_coqueiro2009.pdf)> Acesso em: 23. Set. 2010.

FRIZZONE, J. A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência.** Piracicaba: ESALQ, Departamento de Engenharia Rural, 1992. 53p.

GASTALDINI, M. C. C.; MENDONÇA, A. S. F. **Conceito para a avaliação da qualidade da água.** In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Orgs.) Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2003. cap.1, p.3-13.

GOLDENFUM, J. A. **Pequenas bacias hidrológicas: conceito básico.** In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Orgs.) **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.** Porto Alegre: ABRH, 2003. cap.1, p.3-13.

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento.** 2. ed. Campina Grande: UFPA, 1997. 390p.

HERNANDEZ, F. B. T.; Souza, S. A. V. de; ZOCOLER, J. L.; FRIZZONE, J. A. **Simulação e efeito de veranicos em culturas desenvolvidas na região de Palmeira d'Oeste, Estado de São Paulo.** Engenharia Agrícola, v.23, n.1, p.21-30, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2006.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22. Jun. 2010.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Banco de dados: área cultivada e produção, 2009.** Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/index.php>>. Acesso em: 21. jun. 2010.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Campinas: Editora Átomo, 2005. p.444.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia florestal In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Eds.). **Matas ciliares:** conservação e recuperação. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo / FAPESP, 2000. cap.3, p.33-44.

LIMA, A. F. **Problemas de engenharia sanitária.** Recife: UFPE, 1993. 319p.

MENDONÇA, A. S. Balanço hídrico. In: PAVA, J. B. D. ; PAIVA, E. M. C. D. de. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.** Porto Alegre: ABRH, 2003. cap.6, p.165-168.

MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Irrigation System Evaluation.** A Guide for Management. Logan: Utah State University, 1978. 271p.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production.** St. Joseph: ASAE, 1986. 383p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicação prática.** Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M.; LUCA, S. J. de. Caracterização da qualidade de água. In: BRANCO, S. M. **Hidrologia Ambiental.** São Paulo: Editora Universidade de São Paulo / ABRH, 1991. cap.2, p.27-66.

RAVEN, P. H.; EVERET, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal.** 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906p.

RICKLEFS, R. E. **A ecomonia da natureza.** 5 ed. . Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2003. 503 p.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos.** São Carlos: EESC/USP, 1998. p.5, 840p.

SANTOS, I. et al. **Hidrometria Aplicada.** Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. 372p.

SANTOS, O. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. **Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do Estado de São Paulo.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v.4, n.3, p.142-149, 2010. ISSN 1982-7679 (On-line). Disponível em:<[http://www.inovagri.com.br/wp-content/uploads/2010/08/v.4-n.3-p.142-149\\_Santos\\_et\\_al..pdf](http://www.inovagri.com.br/wp-content/uploads/2010/08/v.4-n.3-p.142-149_Santos_et_al..pdf)>. Acesso em: 23. Set. 2010.

SÃO PAULO. SECRETÁRIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Relatório de qualidade ambiental do Estado de São Paulo de 2005.** São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 2006. 498p. Disponível em: [http://www.ambiente.sp.gov.br/relatorio\\_ambiental.html](http://www.ambiente.sp.gov.br/relatorio_ambiental.html). Acesso em: 22. jun. 2010.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W; CHAVES, A. G. de M.; PEREIRA, I. de C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.** Brasília: ANAEE; ANA, 2001. 328p.

SOIL CONSERVATION SERVICE. **National Engineering Handbook.** Washington: Sprinkler Irrigation, 1968. Section 15, Chapter 11. p.83.

TOWNSEND, C. R.; COLIN, R. T.; BEGON, M.; HARPER, J. H. **Fundamentos em ecologia.** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p.466.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 1993. 943p.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos: RiMa, 2003, 248p.

TUNDISI, J. G.; BRAGA, B.; REBOUÇAS, A. C. Os recursos hídricos e o futuro: síntese. . In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** 3.ed.. São Paulo: Escrituras Editoras, 2006. cap. 23, p.739-748.

VANZELA, L. S. **Qualidade de água para irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP.** 2004. 96f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 1996. 246p.