

FABIANA GOMES DA SILVA

**SIMULAÇÃO DO USO DA ÁGUA DO SETOR AGRÍCOLA NA BACIA DO
CÓRREGO JUNDIÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2008**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S586s
2008

Silva, Fabiana Gomes da, 1981-

Simulação do uso da água do setor agrícola na bacia do Córrego Jundiá / Fabiana Gomes da Silva. – Viçosa, MG, 2008.

xvi, 82f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Antônio Alves Soares.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 66-70.

1. Recursos hídricos - Desenvolvimento. 2. Irrigação. Água - Uso. 3. Desenvolvimento sustentável. 4. Bacias hidrográficas. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 333.91

FABIANA GOMES DA SILVA

**SIMULAÇÃO DO USO DA ÁGUA DO SETOR AGRÍCOLA NA BACIA DO
CÓRREGO JUNDIÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 30 de maio de 2008.

Adilson Rodrigues Soares

Brauliro Gonçalves Leal
(Co-Orientador)

Prof. Demetrius David da Silva

Prof. Gilberto Chohaku Sedyama

Prof. Antônio Alves Soares
(Orientador)

Sorte, não!
Merecimento!

A Deus, fonte de vida e inspiração,
Aos meus pais Amâncio e Odete,

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por minha vida, pela saúde, esperança e humildade, qualidades essenciais para caminhar na direção certa e alcançar meus objetivos, e por mostrar que posso ir mais longe, mesmo depois de pensar que não se pode mais.

Aos meus pais, Amâncio e Odete, aos meus irmãos, Fábio e Júnior, e a Giselle, pelo carinho e pela força transmitidos em todos os momentos, que, apesar da distância física, sempre estiveram comigo.

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realizar este curso.

À Fapemig, pela bolsa de estudo concedida nos primeiros meses deste estudo.

Ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo – IEMA, pelo apoio logístico e pela liberação para realização deste trabalho.

Ao Instituto de Pesquisa Agropecuária do Espírito Santo, pelo fornecimento dos dados necessários à realização do estudo.

Ao Professor Antônio Alves Soares, pela amizade, sinceridade, pelo incentivo e conselhos, pelo apoio profissional e, acima de tudo, pela boa vontade em contribuir para a conclusão deste curso.

Ao Professor Brauliro Gonçalves Leal, pelos conselhos, pela calma, atenção e orientação ao longo do curso.

Ao Professor Márcio Mota Ramos, sempre muito solícito, pela orientação ao longo do curso.

Ao Pesquisador José Geraldo Ferreira da Silva, pelas dicas, pela atenção e orientação demonstrada sempre ao longo deste trabalho.

Ao Professor Fernando Falco Pruski, pela amizade e, principalmente, pela excelente orientação na época da graduação e no início deste curso.

Às minhas avós, e a toda a família, pelo carinho, pela torcida e pelas orações.

Aos técnicos Paulo e Arlindo, do INCAPER, pela colaboração na realização do cadastro de usuários.

Aos colegas de sala Alípio, Márcio, Adinan e Douglas, pelo convívio neste último ano.

À Equipe da INTEC, pelo suporte computacional e convívio.

Às minhas grandes amigas Eliane, Eliene e Jânia que me acolheram com tanto carinho na segunda fase deste curso e que sempre me proporcionaram inúmeros momentos de alegria.

Aos colegas da GRH pela motivação, pelo convívio e por terem sido tão compreensivos durante a realização deste trabalho, em especial à SUORE.

Aos amigos do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) pelo apoio, incentivo e pela amizade demonstrada nos mais diversos momentos.

Aos meus amigos Elene, Gizella, Adriana, Andressa, Claudinei, Eveline, Ana e Michelle que estiveram presentes em momentos difíceis desta jornada.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, pelo suporte e pela dedicação.

A todos os demais amigos, professores e funcionários que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

BIOGRAFIA

FABIANA GOMES DA SILVA, filha de Amâncio Miguel da Silva e Odete Gomes da Silva, nasceu em Belo Horizonte - MG, em 30 de junho de 1981.

Em fevereiro de 1996, iniciou o curso de técnico em Saneamento no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, em Belo Horizonte, concluindo-o em abril de 1999.

Em fevereiro de 2000, iniciou o curso de graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Viçosa – UFV, graduando-se em janeiro de 2005.

Em fevereiro de 2005, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, na área de Recursos Hídricos e Ambientais.

Em abril de 2006, foi contratada, por concurso público, pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo – IEMA, como Analista de Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Dando prosseguimento à avaliação prevista pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, submeteu-se à defesa de dissertação em maio de 2008.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE QUADROS.....	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Gestão dos recursos hídricos no Brasil.....	3
2.2. Disponibilidade hídrica	6
2.3. Agricultura e gestão dos recursos hídricos.....	9
2.6. Sistema de suporte a decisão.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Área de estudo.....	15
3.2. Software Perímetro	17
3.3. Obtenção de dados climáticos.....	20
3.4. Cadastro de usuários	21
3.5. Estimativa da disponibilidade hídrica da bacia.....	22
3.6. Balanço de água no solo.....	24
3.7. Demanda de água na bacia	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1. Cadastro de usuários.....	35
4.3. Simulação da demanda de água na propriedade.....	40

4.4. Balanço de água na bacia.....	52
5. CONCLUSÕES	63
6. RECOMENDAÇÕES	64
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
APÊNDICES	71
APÊNDICE A	72
APÊNDICE B	76
APÊNDICE C	81

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Mapa geral da área de estudo, ocupando os municípios de Conceição da Barra e Pinheiros, e seus respectivos cursos d'água.	16
2	Mapa geral da área de estudo e a localização das interferências realizadas nos cursos d'água superficiais na bacia do Córrego Jundiá.....	36
3	Detalhe do quadro 1 visualizado na Figura 2 com a localização das interferências realizadas nos cursos d'água superficiais na bacia do Córrego Jundiá.	37
4	Detalhe do quadro 2 visualizado na Figura 2, com a localização das interferências realizadas nos cursos d'água superficiais na bacia do Córrego Jundiá.	37
5	Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P), irrigação total necessária (ITN) e evapotranspiração (ET_c) para a cultura do café plantada na propriedade 1.	43
6	Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P), irrigação total necessária (ITN) e evapotranspiração (ET_c) para a cultura do café irrigada com pivô central, na propriedade 11.....	44

7	Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P), irrigação total necessária (ITN) aplicada por gotejadores e evapotranspiração para o maracujazeiro (ET_c), na propriedade 10.	45
8	Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P), irrigação total necessária (ITN) aplicada por aspersão convencional e evapotranspiração (ET_c) para a cultura do maracujá, na propriedade 54.....	46
9	Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P), irrigação total necessária (ITN) aplicada por gotejamento, e evapotranspiração (ET_c) para a cultura do mamão, na propriedade 18.....	47
10	Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P), irrigação total necessária (ITN) aplicada por aspersão convencional e evapotranspiração (ET_c) para a cultura do mamão, na propriedade 21.....	48
11	Evapotranspiração (ET_c) simulada para a pastagem irrigada por aspersão convencional, na propriedade 19.....	49
12	Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P) e irrigação total necessária (ITN) aplicada por aspersão convencional para a pastagem, durante os plantios iniciados em 01-10-2005 (a), 01-02-2006 (b) e 01-06-2006 (c) para a pastagem, na propriedade 19.....	50
13	Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P) e irrigação total necessária (ITN) aplicada por gotejamento e evapotranspiração (ET_c) para a cultura da goiaba, na parcela 2 da propriedade 18.	51

LISTA DE QUADROS

1	Eficiência de aplicação para diversos métodos de irrigação.....	11
2	Culturas permanentes, produção anual e área plantada para os municípios de Pinheiros e Conceição da Barra.....	17
3	Culturas temporárias, produção anual e área plantada para os municípios de Pinheiros e Conceição da Barra.....	17
4	Características gerais das estações climatológicas de Boa Esperança, Mucurici e São Mateus.....	21
5	Estações fluviométricas situadas nas proximidades da área de estudo, código de identificação, área de drenagem (A_d) e rio no qual a estação está localizada.....	23
6	Fator de disponibilidade de água no solo (f).....	28
7	Características adotadas para os sistemas de irrigação, utilizando aspersores, pivô central, microaspersores e gotejadores.....	31
8	Tipo de culturas e respectivos métodos de irrigação e área irrigada das propriedades levantadas no cadastramento dos usuários da bacia do Córrego Jundiá, abrangendo os municípios de Pinheiros e Conceição da Barra.....	38
9	Culturas irrigadas na bacia do Córrego Jundiá e suas principais características usadas no Perímetro.....	42

10	Valores de vazão de pico (Q_{pi}), vazão captada média (Q_{cm}), vazão de referência (Q_{90}) e vazão máxima outorgável para um mesmo usuário na seção de interesse ($25\%Q_{90}$) no ponto de captação das propriedades contempladas neste estudo.....	53
11	Valores de vazão de pico (Q_{pi}), vazão captada média (Q_{cm}), vazão de pico acumulada à montante da seção de interesse (Q_{pa}), vazão captada média acumulada à montante da seção de interesse (Q_{mt}), para a propriedade 13b.....	56
12	Valores de vazão de pico (Q_{pi}) e vazão captada média (Q_{cm}) acumulados na foz da bacia do Córrego Jundiá.....	59
1A	Características físico-químicas do solo Latossolo Vermelho-Escuro Eutrófico A moderado, encontrado em Pinheiros.....	72
2A	Características físico-químicas do solo Argissolo Amarelo Distrófico abruptico, encontrado em Conceição da Barra.....	74
1C	Características físico-químicas do solo Argissolo Amarelo Distrófico abruptico, encontrado em Conceição da Barra.....	81

RESUMO

SILVA, Fabiana Gomes da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2008. **Simulação do uso da água do setor agrícola na bacia do Córrego Jundiá.** Orientador: Antônio Alves Soares. Co-Orientadores: Brauliro Gonçalves Leal, José Geraldo Ferreira da Silva e Márcio Mota Ramos.

No passado, a ocupação territorial do Brasil ocorreu de maneira extremamente desordenada, de forma que a utilização inadequada dos recursos naturais causou sérios impactos negativos aos recursos hídricos, como a deterioração da qualidade da água e, conseqüentemente, a redução na disponibilidade hídrica. Atualmente, ainda existem poucas ferramentas que permitem aos usuários e órgãos gestores um planejamento adequado do uso da água. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo simular e analisar a demanda e a oferta de água na agricultura para a bacia hidrográfica do Córrego Jundiá, utilizando o software Perímetro. Durante a realização do estudo, procedeu-se ao cadastramento dos usuários de águas superficiais da bacia do Córrego Jundiá e de suas principais características. Na estimativa da vazão de pico na irrigação, considerou-se a área irrigada, a irrigação total necessária, o tempo de funcionamento do sistema e o período de irrigação. A evapotranspiração de referência foi determinada, utilizando-se equação de Hargreaves-Samani. Para obter a vazão captada média, considerou-se a vazão de pico na irrigação o tempo de funcionamento máximo possível e o tempo efetivo de funcionamento. Os resultados obtidos

permitiram as seguintes conclusões: os usuários de água da bacia do Córrego do Jundiá pertencem ao setor agrícola e saneamento; a bacia do Córrego Jundiá possui uma área irrigada de aproximadamente 1.108 ha, sendo 39,8% irrigada por aspersão convencional, 8,4% por microaspersão, 8,5% por gotejamento, 42,4% por pivô central e 0,9% utilizando mangueira; 51,7% dos usuários captam vazão de pico superior a 25% da Q_{90} ; 39,5% dos usuários demandam vazão captada média superior a 25% da Q_{90} ; a demanda de água máxima ao longo do curso d'água corresponde a 195,5% da Q_{90} na foz da bacia, enquanto a maior vazão captada média representou 73%. Constatou-se a necessidade de regularizar a vazão dos cursos d'água com a construção de reservatórios, de usar um sistema de programação de irrigação minimizando a vazão de pico e, até mesmo, substituir os sistemas de irrigação menos eficientes por outros mais eficientes; e o software Perímetro mostrou-se eficiente na simulação do manejo de irrigação e das vazões demandadas e disponíveis ao longo da bacia hidrográfica.

ABSTRACT

SILVA, Fabiana Gomes da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2008. **Simulating the use of the agricultural sector water in the Jundiá creek basin.** Adviser: Antônio Alves Soares. Co-advisers: Brauliro Gonçalves Leal, José Geraldo Ferreira da Silva and Márcio Mota Ramos.

In the past, the occurrence of the territorial occupation in Brazil was extremely disordered and the inadequate use of the natural resources caused serious negative impacts on the water resources, such as the deterioration of the water and the consequent reduction in the water availability. Nowadays, there are few tools that allow the users and management agencies to accomplish an appropriate planning for water. In this scenery, this study was carried out to simulate and analyze both demand and supply of the water in agriculture in the hydrographic basin of the Jundiá creek, by using the software “Perímetro”. During the accomplishment of this study, the users of the surface waters in the Jundiá creek basin and their main characteristics were registered in cadastre. In estimating the peak discharge in irrigation, the following factors were considered: the irrigated area, the total irrigation required, the system operation time and the irrigation period. The reference evapotranspiration was determined, by using the equation by Hargreaves-Samani. The peak discharge in irrigation, the possible maximum operational time and the effective operational time were taking into account in order to obtain the average captured discharge.

According to the results, the following conclusions were drawn: the users of the water in the Jundiá creek basin belong to both agricultural and sanitation sectors; the Jundiá creek basin has an irrigated area around 1,108ha, as being 39.8% irrigated by conventional sprinkler, 8.4% by microsprinkling, 8.5% by trickle irrigation, 42.4% by central pivot and 0.9% by using hose; 51.7% users capture peak discharge above 25% Q_{90} ; 39.5% users demand an average discharge above 25% Q_{90} ; the maximum demand along the watercourse corresponds to 195.5% Q_{90} at the firth of the basin, and the highest average discharge represented 73%. The following were observed: the need for regularizing the flow rate of the watercourse, by constructing reservoirs, the use of the irrigation programming system to minimize the peak discharge; and even to substitute the less efficient irrigation systems by other more efficient ones. The Perímetro software showed to be efficient in either simulating the irrigation management and the demanded discharges available along the hydrographic basin.

1. INTRODUÇÃO

No passado, a ocupação do espaço físico ocorreu de maneira extremamente desordenada, marcada principalmente pela falta de planejamento. Ao usufruir dos recursos naturais, o homem tinha em mente apenas o custo mínimo e o máximo benefício, não se preocupando com a preservação e a conservação ambiental. Com o crescimento demográfico, a demanda mundial por alimentos cresceu, e a pressão sobre os recursos naturais aumentou significativamente, assim como os impactos negativos gerados ao meio ambiente. Com o passar do tempo, esses impactos negativos da atividade humana ultrapassaram a escala local e assumiram repercussão global.

O problema de alocação da água para os diversos usos e entre diferentes usuários de uma bacia hidrográfica é clássico. Alguns atributos devem prevalecer, mesmo quando a água é abundante, a exemplo da qualidade compatível com os usos dele feitos. A oferta deste bem, no espaço e no tempo, deve ocorrer de modo a tornar sua utilização sustentável. Por isso, é importante que haja um relativo equilíbrio entre os atributos, para que o problema de alocação não se torne extraordinariamente complexo. Na inexistência do equilíbrio, mais cedo ou mais tarde, a sociedade deverá implementar enormes esforços para gerenciar a oferta e a demanda da água, e estabelecer, na medida do possível, uma situação harmônica (PORTO et al., 1997).

No Estado do Espírito Santo, longos períodos sem chuva são freqüentes. No ano de 2007, o Estado sofreu um período de estiagem de oito meses, considerado o mais grave dos últimos anos. Em comparação com a média histórica, choveu 48% menos no Norte do Estado e no Sul menos 66%. Ações emergenciais como priorização do abastecimento humano e uso da cana-de-açúcar para alimentação animal foram adotadas, mas considera-se necessária a elaboração de um Plano de Convivência com a Seca, de modo que seja possível a convivência, e não o enfrentamento da seca, fenômeno cíclico no território capixaba (GAZETA, 2007).

Atualmente, grande parte da região Norte do Espírito Santo, aproximadamente 23 municípios, faz parte da área de entorno do semi-árido, sendo então severamente castigados pelos efeitos da seca. Em virtude disso, esses municípios foram considerados e incorporados à região de atuação da SUDENE e fazem parte do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – Pan-Brasil que tem como um dos objetivos mitigar os efeitos da seca (BRASIL, 2004).

A agricultura se destaca como um dos setores que demanda maior quantidade de água e, associada aos incentivos governamentais que estimulam o crescimento da atividade agrícola, sofre uma pressão da sociedade e de órgãos ambientais, no sentido de reduzir e otimizar o uso da água. No entanto, essa pressão não se restringe ao setor agrícola, além de atingir outros usuários que atuam não só na captação de elevados volumes de água, mas também na degradação da qualidade da água e dos recursos naturais.

Atualmente, existem poucas ferramentas de gestão que permitem ao usuário e aos órgãos gestores um gerenciamento adequado da água dentro da atividade econômica, levando em conta aspectos relacionados à gestão dos recursos hídricos. Considerando a significativa deficiência em estudos relacionados à gestão de recursos hídricos, expressiva demanda por água e expectativa de aumento no consumo de água pelo setor agrícola na bacia hidrográfica do Rio Itaúnas, localizada no norte do estado do Espírito Santo, este trabalho teve como objetivo simular e analisar a demanda e oferta de água, na agricultura irrigada, para a bacia hidrográfica do Córrego Jundiá, utilizando o software Perímetro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Gestão dos recursos hídricos no Brasil

A água é um insumo fundamental à vida, configurando elemento insubstituível em diversas atividades humanas, além de ser essencial na manutenção do equilíbrio do meio ambiente (SETTI et al., 2001).

A gestão dos recursos hídricos tem sido discutida no Brasil, e algumas iniciativas têm sido tomadas, tanto no âmbito federal quanto estadual, com aprovação de leis e reorganização dos organismos envolvidos na área. A primeira iniciativa nesse sentido ocorreu com a criação do Código das Águas, em 1934, que definia e distribuía a responsabilidade do gerenciamento das águas aos estados e à união.

Atualmente, os diversos sistemas de gestão implantados, ou em discussão, no Brasil, ancoram-se na Lei nº 9.433 de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e representou um marco legal no reconhecimento da água como recurso natural finito de valor econômico. A PNRH prevê que o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser feito de forma integrada e descentralizada, seguindo o princípio do usuário-pagador e do poluidor-pagador, permitindo integrar os custos ambientais aos diversos usos da água (BRASIL, 1934; BRASIL, 1997; SANTOS, 2006).

A utilização dos recursos hídricos ancora-se no princípio dos múltiplos usos, a partir do qual todos os setores têm igual direito ao acesso à água; entretanto, em situação de escassez, o uso prioritário desse recurso fica restrito ao consumo humano e à dessedentação de animais. O reconhecimento da água como bem finito e vulnerável serve de alerta para a necessidade de sua conservação, enquanto o reconhecimento do valor econômico da água induz ao uso racional desse recurso e serve de base para instituição da cobrança pela sua utilização. O princípio da gestão descentralizada refere-se a uma proposta de gestão participativa, envolvendo os usuários, a sociedade civil organizada, as ONGs e outras entidades interessadas no processo de tomada de decisão (SETTI et al., 2001).

De acordo com Rodriguez (2004), a PNRH ressalta a importância de cinco instrumentos essenciais à boa gestão dos recursos hídricos: a outorga do direito de uso dos recursos hídricos, a cobrança pelo uso da água, o enquadramento dos corpos de água em classes de uso, o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos e o Plano Nacional de Recursos Hídricos.

A outorga, ato administrativo pelo qual a autoridade competente concede ao outorgado o direito de uso de recursos hídricos, por prazo determinado, e de acordo com os termos e as condições expressas no ato, não representa alienação das águas, posto que seja inalienável. Esse instrumento, bem como a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, já era previsto pelo Código das Águas ao estipular que as águas públicas não deveriam ser derivadas para determinados usos, sem a concessão administrativa. Atualmente, a outorga ocorre em âmbito estadual ou federal, e a cobrança pelo uso de recursos hídricos tem como objetivo reconhecer a água como bem econômico, repassando ao usuário uma indicação de seu real valor.

O enquadramento é um instrumento de planejamento que procura indicar metas de qualidade das águas a serem alcançadas em uma bacia hidrográfica, em determinado período temporal, mostrar a classe que os corpos de água devem atingir, ou em que classe de qualidade de água deverão permanecer, para atender as necessidades de uso definidas pela

sociedade. Como instrumento de gestão de recursos hídricos e elemento de articulação e integração da gestão ambiental, sua implementação exigirá a articulação das instituições de gerenciamento e dos colegiados do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e Sistema Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 2006).

O Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) objetiva produzir, sistematizar e disponibilizar dados e informações que caracterizam as condições hídricas da bacia, em termos de quantidade e qualidade da água no ecossistema, e refletem as pressões antrópicas nela existentes.

Na perspectiva de olhar para o futuro, o Plano Nacional de Recursos Hídricos é uma construção dinâmica com vistas a um futuro promissor da gestão dos recursos hídricos, tendo sido elaborado com uma base técnica consistente e grande lastro social, transcendendo a variável hidrológica, ao levar em conta as várias dimensões da água, com o objetivo de estabelecer um pacto nacional. O processo de sua implementação deverá ocorrer em diversas etapas até o ano de 2020, passando por revisões periódicas a cada quatro anos (ANA, 2007a).

A Política de Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo (PERH), instituída pela Lei Estadual nº 5.818 de 1997, é o marco para a gestão das águas no estado e tem como objetivo o gerenciamento da proteção, conservação, recuperação e do desenvolvimento das águas de domínio do Estado. Na PERH, são considerados instrumentos de gestão dos recursos hídricos: o plano estadual de recursos hídricos, os planos das bacias hidrográficas, o enquadramento dos corpos de água em classes, os relatórios sobre recursos hídricos, a outorga pelo direito de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, o sistema de informações e a compensação a municípios, usuários e proprietários de terras reconhecidamente protetoras de mananciais.

No Estado do Espírito Santo, o único instrumento de gestão que se encontra implementado é a outorga de águas superficiais. A outorga pelo direito de uso dos recursos hídricos confere ao órgão gestor maior controle qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos. De acordo com a PERH, são passíveis de outorga os seguintes usos: abastecimento humano, insumo de

processo produtivo, lançamento de efluentes em corpos de água, obras estruturais que interferem nos recursos hídricos (barramentos, canalizações, derivações de água, dentre outros), sendo as concessões relacionadas aos rios estaduais de responsabilidade do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, IEMA, e dos rios federais da Agência Nacional de Águas, ANA (ESPÍRITO SANTO, 1998).

A tomada de decisão, envolvendo múltiplos agentes e múltiplas finalidades, muitas vezes conflitantes, em que aspectos legais, sociais, econômico-financeiros, ambientais, dentre outros, deve ser ponderada, o que constitui tarefa difícil. Para tanto, é necessário que o gestor da bacia hidrográfica esteja munido de ferramentas adequadas (SALIM, 2004).

2.2. Disponibilidade hídrica

A quantidade de água de boa qualidade existente na natureza é finita e sua disponibilidade vem diminuindo gradativamente, em razão do crescimento populacional, da expansão das fronteiras agrícolas e da degradação do meio ambiente. Sendo ela um recurso indispensável à vida, é imprescindível a discussão das relações entre o homem e a água, uma vez que a sobrevivência das gerações futuras depende diretamente das decisões que atualmente estão sendo tomadas (MEDEIROS et al., 2003).

Os cenários, global e local, referentes à disponibilidade de água, apontam para um quadro de tendência à escassez desse recurso e degradação pela multiplicidade de seu uso. Da quantidade de água existente no planeta, 93,94% se encontra nos oceanos, sendo, portanto, imprópria para uso direto; outros 6,04% são águas subterrâneas e gelo de difícil acesso; e 0,02% estão em rios e lagos. No globo, existem 6 bilhões de habitantes, dentre os quais 92 milhões sem acesso à água potável, 128 milhões sem esgotamento sanitário, dos quais 88 milhões na área urbana. A América Latina possui 517 milhões de habitantes, estando 75% em áreas urbanas. Destes, 30% encontram-se em cidades com mais de 1 milhão de habitantes (ANA, 2007b).

Embora a disponibilidade hídrica do Brasil seja abundante, em torno de 12% da disponibilidade mundial, a distribuição da água no país não é uniforme, uma vez que a região Amazônica detém 73,6% dos recursos hídricos superficiais; enquanto a região Tocantins/Araguaia possui 7,6%; a do Paraná 6,4%; restando para as regiões hidrográficas do Parnaíba, do Atlântico Nordeste Oriental e do Atlântico Leste as menores disponibilidades hídricas (BRASIL, 2006). Portanto, apesar da abundância de água na região Amazônica, existe escassez hídrica em diversas partes do território brasileiro, principalmente na região semi-árida onde já se verifica áreas susceptíveis a desertificação (FONTES et al., 2003; BRASIL, 2004).

O cenário brasileiro é caracterizado por conflitos relacionados à escassez quantitativa e qualitativa, porém, na região Norte, que detém a maior quantidade de água, esses conflitos têm como causa principal a poluição das águas que contribui para obstrução de vias navegáveis, alteração da paisagem, da cor e da qualidade das mesmas (ASSUNÇÃO e BURSZTYN, 2002).

O Brasil é um país de grande extensão territorial e de uma rede hidrométrica esparsa, o que causa sérios problemas durante a estimativa das vazões dos cursos d'água, já que o conhecimento dessas vazões é essencial para o gerenciamento de bacias hidrográficas (TUCCI, 2002).

A disponibilidade hídrica natural em uma bacia hidrográfica é representada pelas vazões médias e mínimas, sendo o conhecimento destas de grande importância para um adequado planejamento do uso e da gestão compartilhada dos recursos hídricos, minimizando assim os conflitos entre os diversos usuários (NOVAES, 2005). A vazão média é a maior vazão possível de ser regularizada no curso d'água, sendo caracterizada como a máxima disponibilidade hídrica de uma bacia. O conhecimento dessa vazão permite avaliar o limite do uso da água de um manancial para diferentes finalidades (TUCCI, 2001).

A vazão mínima caracteriza-se como os menores valores das séries anuais. Na prática, a vazão mínima instantânea apresenta pouca utilidade. Normalmente, vazões com durações maiores apresentam maior interesse ao usuário, já que a seqüência de vazões baixas é que representa uma condição mais crítica na utilização da água. A vazão mínima é associada a

uma duração de tempo. Dentre as metodologias existentes para determinação das vazões mínimas, tem-se a $Q_{7,10}$, vazão mínima de 7 dias de duração e 10 anos de tempo de retorno, comumente utilizada para estudos de qualidade da água e na vazão mínima a ser mantida nos rios após o uso da água no processo de outorga (SILVA e RAMOS, 2001; TUCCI, 2002).

Encontram-se, também, bem difundidas, principalmente em processos de concessão de outorga, as vazões mínimas obtidas da curva de permanência, a qual representa a parcela de tempo em que uma determinada vazão é igualada ou superada durante o período analisado, sendo as vazões associadas às permanências de 90% (Q_{90}) e 95% (Q_{95}) as mais utilizadas nesses processos.

A regionalização consiste em um conjunto de ferramentas que exploram ao máximo as informações existentes, visando à estimativa das variáveis hidrológicas em locais sem dados ou com dados insuficientes. A regionalização pode ser usada para melhor explorar as amostras pontuais, e, em conseqüência, melhorar as estimativas das variáveis; verificar a consistência das séries hidrológicas; identificar a falta de postos de observação.

No Plano Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo (SEAMA, 1996), foram desenvolvidos diagnósticos e estudos de base para avaliar a situação dos recursos no estado, obtendo-se, então, a regionalização de vazões mínimas mensais para as bacias hidrográficas.

Coser (2003) estimou as vazões mínimas com 7 dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$) para as áreas de drenagem de estações fluviométricas localizadas no Estado do Espírito Santo, além de aplicar e comparar duas metodologias de regionalização de vazões mínimas, métodos Tradicional e Eletrobrás (1985), cuja fundamentação está na relação existente entre a vazão e as características físicas e climáticas da região. No estudo, foram obtidas equações de regionalização para todo o estado; no entanto, a regionalização para a região próxima à calha principal do rio Doce não apresentou bons resultados.

Os estudos realizados durante a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo (SEAMA, 1996) e por Coser (2003)

fornece subsídios para a determinação da disponibilidade hídrica das diversas regiões hidrográficas do Espírito Santo, sendo adotado pelo IEMA como vazão de referência a $Q_{7,10}$, para todas as bacias do estado, com exceção para os corpos de água existentes nas regiões hidrográficas dos rios Itaúnas, São Mateus e Barra Seca, nos quais a vazão de referência adotada é a Q_{90} (ESPÍRITO SANTO, 2007)

2.3. Agricultura e gestão dos recursos hídricos

Como é de conhecimento geral, a água se faz presente nas mais diversas atividades humanas, sendo que a sua maior utilização ocorre na agricultura irrigada que consome 70% de toda a água doce captada mundialmente (ITABORAHY et al., 2004).

De acordo com Christofidis (2004), apenas 5,5% da área cultivada no Brasil é irrigada, porém contribui com 35% da produção nacional. Um total de 3,63 milhões de hectares é irrigado por sistemas de irrigação localizada, por aspersão e por superfície.

A água é fator limitante para o desenvolvimento agrícola, de forma que tanto a falta como o seu excesso afetam o crescimento, a sanidade e a produção das plantas. A irrigação é uma prática agrícola cujo propósito é manter adequado o potencial de água das plantas para assegurar desenvolvimento, produtividade e rentabilidade econômica. Para que seja atingido o objetivo da irrigação de maximizar a produção agrícola, racionalizando o uso de mão-de-obra, energia, água e fertilizantes e evitar a ocorrência de problemas fitossanitários relacionados às aplicações excessivas ou deficientes de água, deve-se adotar um manejo correto. Para promover o uso racional da água, há necessidade do conhecimento das variáveis de clima, solo e planta e de alguns aspectos relacionados ao transporte da água no sistema solo-planta-atmosfera, além do sistema de irrigação.

A irrigação não deve ser considerada isoladamente, mas sim como parte de um conjunto de técnicas utilizadas para garantir a produção econômica de determinada cultura, com adequado manejo dos recursos

naturais. Para isso, deve-se levar em conta aspectos de sistemas de plantios, de possibilidades de rotação de culturas, de proteção dos solos, de fertilidade do solo, de manejo integrado de pragas e doenças e de mecanização, almejando uma produção integrada e de boa qualidade e de melhor inserção nos mercados (BERNARDO et al., 2006).

A escolha do método de irrigação se baseia, em geral, nas análises econômicas e técnicas, as quais consideram parâmetros tais como solo, topografia, tipo de cultura, disponibilidade hídrica, clima e disponibilidade energética. O solo interfere na irrigação já que solos com alta velocidade de infiltração exigem intervalos menores entre irrigações. Além disso, solos muito heterogêneos tornam o controle mais difícil em função da variabilidade da infiltração de água no solo.

A topografia interfere, à medida que declividades maiores e mais heterogêneas tendem a elevar os custos de implantação e operação, podendo inviabilizar tecnicamente o uso da irrigação.

O clima influencia por meio da ação dos ventos que podem dificultar a homogeneidade em projetos de irrigação por aspersão, por exemplo, ou, ainda, através dos índices de umidade e da temperatura que podem contribuir para o aumento da evapotranspiração da cultura, aumentando as necessidades de irrigação e diminuindo os turnos de rega.

A disponibilidade de água e de energia elétrica influencia, obviamente, no sentido de que, quanto mais escassa a água, mais eficiente deverá ser o sistema com a finalidade de maximizar a utilidade do mesmo.

Na seleção de sistemas de irrigação, é necessário considerar a eficiência de cada método de aplicação de água. Eficiência de aplicação pode ser definida como a relação entre a quantidade de água requerida pela cultura e a quantidade total aplicada pelo sistema para suprir essa necessidade. Quanto menores forem as perdas de água pela evaporação provocada pelo vento, pelo escoamento superficial e pela drenagem profunda, maior será a eficiência de irrigação de um sistema. Valores ideais e aceitáveis de eficiência de aplicação para diferentes métodos de irrigação são apresentados no Quadro 1.

A uniformidade de distribuição e o controle da aplicação da água (manejo da irrigação) são os dois principais pré-requisitos técnicos para uma irrigação eficiente (MANTOVANI, 2004).

Quadro 1 - Eficiência de aplicação para diversos métodos de irrigação

Métodos de irrigação	E _a ideal (%)	E _a aceitável (%)
Superfície		
Sulco (convencional)	≥ 75	≥ 60
Corrugação	≥ 70	≥ 60
Faixa	≥ 80	≥ 65
Inundação	≥ 85	≥ 65
Aspersão		
Convencional	≥ 85	≥ 75
Autopropelido	≥ 85	≥ 75
Pivô central	≥ 85	≥ 75
Localizada		
Gotejamento	≥ 95	≥ 80
Microaspersão	≥ 95	≥ 80
Subsuperficial		
Lençol freático estável	≥ 70	≥ 60
Lençol freático variável	≥ 80	≥ 65

Fonte: Adaptado de ANA (2004) e Bernardo et al. (2006).

Segundo Silva (1996), Mantovani (1996) e Espindula Neto (2002), se a irrigação fosse utilizada de forma racional, aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumida seriam economizados nessa atividade. Destes, 20% da energia seria economizada na aplicação desnecessária da água e 10%, em razão do redimensionamento dos equipamentos utilizados para irrigação. De modo geral, o manejo da irrigação vem sendo feito de forma empírica pelo produtor rural, tendo como consequência aumento no custo do investimento, em virtude do excesso de água ou queda na produção, por causa de sua falta, além de outros prejuízos que o produtor poderá sofrer com um manejo inadequado da água.

Lopes (2006), ao avaliar o manejo de irrigação praticado em lavouras de café e mamão cultivadas no município de Pinheiros, parcialmente inserido na Bacia do Córrego Jundiá, e localizado na região norte do Espírito, verificou que em 91% dos dias avaliados não houve o uso adequado da água; e que a melhoria nos indicadores de desempenho da

irrigação possibilitaria reduções de 3,5% e 6,3% nos volumes totais de água aplicados no município para as culturas de café e mamão, respectivamente.

Em virtude do grande consumo de água na irrigação, essa técnica alternativa, que visa ao aumento da produtividade das culturas, especialmente em regiões áridas e semi-áridas, proporciona grande impacto nas disponibilidades hídricas dos mananciais, principalmente, na época de seca, podendo baixar o nível dos rios drasticamente, prejudicando o abastecimento aos irrigantes e demais usuários que estão situados à jusante (COSTA, 1991).

A prática da agricultura irrigada é extremamente impactante e colabora na degradação dos recursos hídricos por meio da alteração do regime dos cursos d'água devido à captação e consumo, pela incorporação de matéria orgânica, advinda de regiões em que a prática agrícola é realizada de maneira inadequada, bem como à contaminação dos corpos hídricos como o carreamento de defensivos e insumos agrícolas (SANTOS, 2006).

A prática da irrigação pode vir a causar vários dos principais impactos ambientais negativos, tais como a modificação do meio ambiente, salinização do solo, contaminação dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos), consumo exagerado da água da região e problemas de saúde pública. Como em muitos casos a irrigação no Brasil e no mundo não vem sendo praticada de forma sustentável, esta sofrerá grande pressão das instituições e da própria sociedade, a fim de que haja modificações em seus processos, visando minimizar os impactos ambientais (BERNARDO, 1997).

Um dos desafios da agricultura irrigada no Brasil consiste em garantir outorgas de água compatíveis com as demandas das áreas potencialmente irrigáveis, de modo a manter a vocação do país de provedor de alimentos. Outro desafio consiste em reduzir as perdas de água nos sistemas de irrigação, seja na sua condução e distribuição, seja na aplicação da água pelos diversos métodos de irrigação. A escolha dos métodos mais adequados a cada situação, visando à redução das perdas, e ao manejo adequado da irrigação deve ser prioridade na assistência técnica, para maximizar a eficiência de uso de água.

2.6. Sistema de suporte a decisão

Victorino (2002) afirma que a água somente se transforma em problema social, e o Estado somente passa a ter visibilidade como instância de resolução de problemas, à medida que os impactos ambientais atingem determinado nível e alcance.

Muitas vezes, a complexidade da bacia hidrográfica impossibilita um cálculo adequado das interferências, uma vez que podem estar presentes centenas ou até milhares de usuários, cada um com uma demanda específica e um potencial de impacto diferente, tanto em termos qualitativos como quantitativos. Desse modo, os sistemas computacionais elaborados para dar apoio à gestão de recursos hídricos mostram-se importantes, pois possibilitam avanços significativos no entendimento do comportamento hidrológico da bacia, assim como a sua alteração por ocorrências naturais ou interferências antrópicas. Além disso, esses sistemas podem auxiliar na solução dos conflitos atuais ou potenciais, a partir de determinados critérios de utilização da água (SILVA e MONTEIRO, 2004).

Pereira e Netto (2000) ressaltam que o recurso Sistema de Suporte à Decisão (SSD) está sendo considerado, por diversos especialistas da área, como um novo rumo metodológico no processo de gerenciamento dos recursos hídricos.

Os sistemas de suporte à decisão são compostos por três componentes básicos: um módulo de diálogo (interação homem-máquina), um subsistema de dados (aquisição, gerenciamento e processamento) e um subsistema de modelos (análise e predição) (AZEVEDO et al., 2003).

Dentre os softwares disponíveis para o gerenciamento dos recursos hídricos, pode-se citar o SISAGUA, que é composto por três sistemas: o SISCO – Sistema de Controle de Outorgas, usado para o controle administrativo das outorgas; o SIGEO – Sistema de Informações Georreferenciadas de Outorgas, para a visualização e processamento espacial dos pleitos de outorga; e o SQAQ – Sistema Quali-Quantitativo de Análise de Outorgas, utilizado para a análise técnica dos aspectos quantitativos e qualitativos do uso da água (SILVA et al., 2006).

Moreira (2006) desenvolveu o software SINGERH - Sistema Integrado para a Gestão de Recursos Hídricos, que possibilitou quantificar as outorgas estaduais e federais emitidas a montante de qualquer seção de interesse; obter a disponibilidade hídrica para qualquer seção ao longo da rede hidrográfica; quantificar o impacto da concessão de uma nova outorga sobre essa disponibilidade e analisar o impacto de diferentes critérios de concessão de outorga na máxima vazão outorgável, para a bacia do Paracatu.

Dantas Neto (2003) desenvolveu um modelo computacional para gerenciamento da distribuição de água em perímetros irrigados, denominado Perímetro, visando à otimização do uso da água. Esse modelo foi adaptado para ser utilizado na gestão da alocação de água em bacias hidrográficas. Esta é uma ferramenta que possibilitará uma análise da disponibilidade hídrica em toda a bacia e avaliação da eficiência do uso da água pelo setor agrícola, por meio de simulações de uso da água pelos diversos usuários, considerando diferentes cenários.

Azevedo et al. (2003), em estudo da aplicação de SSD na dinâmica de outorga no país, verificaram que várias ferramentas vêm sendo utilizadas, mas a técnica não tem sido explorada em todo o seu potencial. As funções de diálogo, análise e predição, componentes básicos de um SSD, demandam maior desenvolvimento. Alguns estados e a ANA já estão desenvolvendo novos sistemas, visando a corrigir essas falhas e produzir um suporte efetivo à tomada de decisão na análise e administração da outorga. Experiências analisadas permitiram a indicação de algumas recomendações para projeto, concepção e implementação de novos sistemas de suporte à decisão para outorga: (i) clareza na definição dos objetivos e das funções do SSD; (ii) discussão ampla e sintonia entre tomadores de decisão e técnicos; (iii) capacitação e dimensionamento adequado das equipes; (iv) flexibilidade do suporte à decisão; (v) organização, tratamento e atualização das informações disponíveis; (vi) tratamento adequado das questões de qualidade da água; (vii) ampliação e melhoria da base de informações para outorga de águas subterrâneas; (viii) modelagem adequada dos sistemas de reservatórios; (ix) eficiência e facilidade de uso dos recursos de análise; e (x) adequação na comunicação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O Estado do Espírito Santo, localizado no litoral da região Sudeste, é dividido em 12 (doze) principais bacias hidrográficas: São Mateus, Itaúnas, Doce, Riacho, Reis Magos, Santa Maria da Vitória, Jucu, Guarapari, Benevente, Rio Novo, Itapemirim e Itabapoana. Dessas bacias, três são de domínio federal: a bacia do Rio Doce, que compreende os estados de Minas Gerais e Espírito Santo; a bacia do Rio São Mateus, formada pelo sul da Bahia e norte do Espírito Santo; e a bacia do Rio Itabapoana, formada por parte dos estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, sendo este último o que possui maior área dentro desta bacia. As bacias hidrográficas de domínio federal são gerenciadas pela Agência Nacional de Águas (ANA), enquanto a gestão das demais bacias é de responsabilidade do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA), inclusive as sub-bacias do Rio São Mateus, Rio Doce e Rio Itabapoana.

A região contemplada neste estudo é a bacia hidrográfica do Córrego Jundiá, sub-bacia do Rio Itaúnas, localizada no norte do estado do Espírito Santo, região que apresenta expressiva deficiência em estudos relacionados à gestão de recursos hídricos, elevada demanda por água e expectativa de aumento no consumo de água pelo setor agrícola.

A bacia hidrográfica do Córrego Jundiá possui uma área de 135,05 km² e abrange os municípios de Pinheiros e Conceição da Barra, no norte do Espírito Santo. Na Figura 1, está representada a área de estudo.

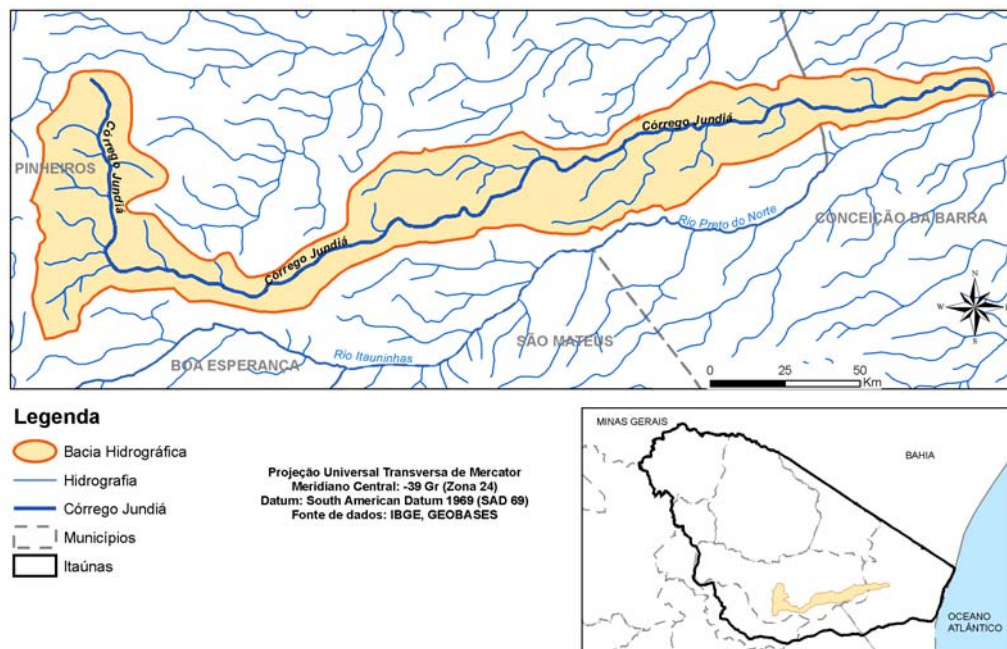


Figura 1 – Mapa geral da área de estudo, ocupando os municípios de Conceição da Barra e Pinheiros, e seus respectivos cursos d'água.

Os cursos d'água que ocorrem ao longo da bacia hidrográfica, afluentes diretos ou indiretos do Córrego Jundiá, são em sua maioria de regime perene, porém de vazões extremamente baixas.

De acordo com levantamento de reconhecimento de solos realizados pela EMBRAPA (1978), os tipos de solo predominantes nos municípios de Pinheiros e Conceição da Barra são o Latossolo Vermelho eutrófico típico A moderado e Argissolo Amarelo Distrófico abruptico, respectivamente, sendo suas características físico-químicas apresentadas no Apêndice A.

De acordo com o levantamento do IBGE (2007), a atividade agrícola na região é expressiva. Nos Quadros 2 e 3, encontram-se as principais culturas permanentes e temporárias existentes nos municípios de Pinheiros e Conceição da Barra, bem como sua produção anual e área plantada.

Quadro 2 – Culturas permanentes, produção anual e área plantada para os municípios de Pinheiros e Conceição da Barra

Culturas	Localidade					
	Pinheiros			Conceição da Barra		
	Produção (t)	Nº de frutos (mil)	Área plantada (ha)	Produção (t)	Nº de frutos (mil)	Área plantada (ha)
Banana	90	-	6	-	-	-
Borracha (látex coagulado)	-	-	-	90	-	90
Café (em coco)	17.520	-	7.300	585	-	650
Cana-de-açúcar	393.400	-	5.620	614.482	-	9.911
Coco-da-baía	-	7.000	500	-	8.280	460
Goiaba	240	-	6	240	-	12
Laranja	-	-	-	1.200	-	200
Limão	1.050	-	70	240	-	15
Mamão	320.000	-	3.200	4.200	-	120
Maracujá	3.600	-	80	800	-	40
Palmito	-	-	-	208	-	260
Pimenta-do-reino	96	-	20	45	-	30
Urucum	-	-	-	6	-	10

Fonte: IBGE (2007).

Quadro 3 – Culturas temporárias, produção anual e área plantada para os municípios de Pinheiros e Conceição da Barra

Culturas	Localidade					
	Pinheiros			Conceição da Barra		
	Produção (t)	Nº de frutos (mil)	Área plantada (ha)	Produção (t)	Nº de frutos (mil)	Área plantada (ha)
Abacaxi	-	-	-	-	75	3
Feijão (em grão)	1.140	-	550	30	-	50
Mandioca	44.000	-	2.200	5.250	-	350
Milho (em grão)	1.080	-	300	63	-	30
Tomate	1.600	-	20	-	-	-

Fonte: IBGE (2007).

3.2. Software Perímetro

O software Perímetro constitui um sistema de apoio à gestão da agricultura irrigada com ênfase no manejo adequado dos sistemas de irrigação e no gerenciamento do uso da água. Desenvolvido por Dantas Neto (2003) e aperfeiçoado através de uma parceria firmada entre a empresa

INTEC e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), visa promover a gestão da agricultura irrigada e o gerenciamento dos recursos hídricos em bacias hidrográficas.

O Perímetro foi desenvolvido para dar suporte ao gerenciamento da distribuição de água, tendo como base os recursos do clima, do solo, da cultura, água e dos equipamentos de irrigação, consolidados em uma estrutura de banco de dados relacional. O sistema computacional é composto de três módulos principais: cadastro, processo e resultados.

O módulo cadastro possui a flexibilidade de serem realizadas inclusões, consultas, alterações e exclusões nos bancos de dados do sistema. Nele são cadastradas as informações relativas à caracterização física da distribuição de água, dados climáticos, propriedades, solos, fontes de água, culturas e equipamentos de irrigação. O módulo cadastro dá suporte para execução dos demais módulos do sistema.

Os principais dados utilizados pelo programa são:

a) Dados de clima:

- Temperatura máxima;
- Temperatura mínima;
- Umidade relativa do ar;
- Velocidade do vento;
- Precipitação; e
- Radiação solar.

b) Dados da cultura

- Fator de disponibilidade de água (f);
- Condutividade elétrica máxima (C_e);
- Profundidade efetiva do sistema radicular (Z);
- Coeficiente da cultura (k_c);
- Estádios de desenvolvimento; e
- Espaçamento entre plantas.

c) Dados da propriedade

- Nome e proprietário; e
- Endereço e coordenadas geográficas.

- d) Dados do equipamento
 - Tipo e nome do equipamento;
 - Vazão, coeficiente de uniformidade (CUC), pressão e potência do conjunto motobomba;
 - Espaçamento entre emissores e linhas laterais; e
 - Alcance do emissor.
- e) Dados da parcela
 - Nomes da parcela e da propriedade;
 - Cultura e estação meteorológica;
 - Dados do plantio e do solo; e
 - Número de setores e área sombreada.
- f) Cadastro de eventos
 - Tipo de registro, podendo este ser da lâmina de irrigação, lâmina de chuva, leitura de umidade do solo e CUC; e
 - Local e data a que se refere o evento.
- g) Dados do setor
 - Propriedade;
 - Parcela a qual o setor pertence; e
 - Denominação do setor.
- h) Cadastro do rio
 - Vazão observada;
 - Vazão máxima; e
 - Vazão mínima.
- i) Cadastro de canal
 - Vazão observada;
 - Vazão máxima; e
 - Vazão mínima.
- j) Cadastro de oferta
 - Propriedade;
 - Parcela e seus respectivos setores; e
 - Vazão fornecida e data.
- k) Cadastro de demanda
 - Propriedade;
 - Parcela e seus respectivos setores; e

- Vazão requerida e data.
- l) Cadastro de funcionário
 - Nome, projeto e função desempenhada pelo funcionário.
- m) Cadastro de conexão
 - Nome e classe (tipo);
 - Propriedade;
 - Parcela e seus respectivos setores; e
 - Vazão requerida e data.
- n) Cadastro de tubulação
 - Nome e diâmetro nominal;
 - Vazão observada;
 - Vazão máxima; e
 - Vazão mínima.

O módulo processo é responsável pelo cálculo das necessidades de água nas parcelas irrigadas, obtidas a partir da simulação do balanço de água no solo, realizado por camada ocupada pelo sistema radicular. As quantidades de água são obtidas a partir do manejo diário ou através de simulações para períodos indicados pelo usuário. O manejo utiliza dados climáticos observados no dia e a simulação pode ser baseada na irrigação total ou suplementar.

No módulo resultado é possível visualizar tabelas e gráficos obtidos a partir da simulação das necessidades de água das culturas cadastradas e a demanda de água de cada usuário de água.

3.3. Obtenção de dados climáticos

Alguns dos modelos utilizados na estimativa da evapotranspiração são baseados em variáveis climáticas obtidas em estações meteorológicas convencionais ou automatizadas.

Os municípios de Pinheiros e Conceição da Barra não possuem estações meteorológicas; as 3 (três) estações meteorológicas mais próximas situam-se nos municípios de Mucurici, São Mateus e Boa Esperança

(Quadro 4). Estas estações são monitoradas pelo Instituto Capixaba de Pesquisa Agropecuária, Assistência Técnica e Extensão Rural, INCAPER, por meio do Sistema de Informações Agrometeorológicas - SIAG, e seus dados estão disponíveis no endereço eletrônico www.incaper.es.gov.br.

Quadro 4 – Características gerais das estações climatológicas de Boa Esperança, Mucurici e São Mateus

Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Boa Esperança	18° 31' 48" S	40° 17' 24" W	150
Mucurici	18° 06' 00" S	40° 31' 12" W	226
São Mateus	18° 06' 00" S	39° 49' 48" W	25

Considerando a inexistência de observações de dados meteorológicos nos municípios de Conceição da Barra e Pinheiros, a proximidade dos municípios de pertencentes à área de estudo e o de Boa Esperança, e a semelhança das altitudes entre esses municípios, optou-se por utilizar os dados climáticos da estação de Boa Esperança durante as simulações do modelo computacional em questão.

Tendo em vista que não se tinha o registro de todas as variáveis meteorológicas, optou-se por trabalhar com dados de temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação do período de outubro de 2005 a setembro de 2006, sendo, então, este o período de simulação considerado neste estudo, por não haver falhas neste período.

3.4. Cadastro de usuários

Com o intuito de estimar a vazão demandada pelo setor agrícola na área de estudo, foi realizado o cadastramento dos diversos usuários de água. Para isto, procedeu-se ao levantamento de campo, por meio de entrevista e aplicação de questionários (Apêndice B) aos proprietários e, ou responsáveis pelas propriedades que realizavam captação de água no Córrego Jundiá e seus afluentes. No cadastro dos usuários de águas superficiais, pôde-se contar com o apoio técnico e logístico do IEMA e do

Escritório Local de Desenvolvimento Rural, do INCAPER, localizado no município de Pinheiros, durante as visitas às propriedades e a realização das entrevistas.

Procurou-se neste questionário identificar o perfil do usuário de água e as características de uso da água como atividade desenvolvida na propriedade, tipo e coordenada de captação, vazão captada, forma de captação, além de entidades de apoio e assistência técnica e demais informações que pudessem influenciar no uso da água.

Tendo em vista que foi considerada neste estudo a disponibilidade hídrica dos cursos d'água, foram entrevistados apenas usuários de águas superficiais.

3.5. Estimativa da disponibilidade hídrica da bacia

A determinação da disponibilidade hídrica da bacia do Córrego Jundiá perpassa pelo conhecimento da vazão; considerando que o IEMA nas análises de outorga para bacia hidrográfica do Rio Itaúnas, região na qual a área de estudo está inserida, utiliza como vazão de referência a Q_{90} , vazão associada a uma permanência mínima de 90%, optou-se por adotar tal metodologia para a verificação da disponibilidade hídrica na bacia do Córrego Jundiá.

Durante o levantamento realizado neste estudo, foi constatada a inexistência de postos fluviométricos na calha do rio principal e em qualquer outro curso d'água pertencente à área de estudo. Diante disso, foram levantadas todas as estações fluviométricas existentes nas proximidades da área de estudo, conforme apresentado no Quadro 5.

Tendo em vista que grande parte das estações fluviométricas levantadas encontravam-se fora da bacia hidrográfica do Rio Itaúnas, apresentavam áreas de drenagem extremamente superiores à área de estudo e a série histórica de determinados postos fluviométricos era insuficiente para sua utilização neste estudo, para a obtenção da $Q_{90\%}$ optou-se por utilizar a série histórica de vazões médias diárias da estação

fluviométrica Itauninhas, localizada no Rio Preto, também conhecido como Rio Itauninhas, município de Conceição da Barra – ES.

A estação utilizada é identificada pelo código 55747000, possui área de drenagem de 588,9 km² e encontra-se dentro da bacia hidrográfica do Rio Itaúnas. A série histórica utilizada compreende o período de fevereiro/2001 a novembro/2006 (6 anos e 9 meses), disponível no link *Hidroweb* do sítio da Agência Nacional de Águas – ANA.

O posto fluviométrico Itauninhas apresentou vazão média específica de longa duração de 5,23 L s⁻¹ km⁻², Q₉₀ de aproximadamente 1,89 m³ s⁻¹ e vazão específica mínima com 90% de permanência (q₉₀) 3,21 L s⁻¹ km⁻².

Quadro 5 – Estações fluviométricas situadas nas proximidades da área de estudo, código de identificação, A_d (área de drenagem) e rio no qual a estação está localizada

NOME DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICA	CÓDIGO	RIO	A _d (km ²)
Helvécia	55510000	Rio Peruípe	2.841
Fazenda Martinica	55740000	Rio Mucuri	14.656
Carlos Chagas	55630000	Rio Mucuri	9.607
Nanuque - Montante	55699998	Rio Mucuri	12.799
Nanuque	55700000	Rio Mucuri	14.174
Cristal	55744000	Rio Itaúnas	1.278
Pedro Canário (Estância Pico)	55746000	Rio Itaúnas	1.688
Itauninhas (BR-101)	55747000	Rio Preto ou Itauninhas	588,9
Fazenda Cachoeira Bonita	55795000	Rio Dois de Setembro	133,5
Fazenda São Mateus	55800005	Rio São Mateus / Braço Norte	4.266
São João da Cachoeira Grande	55850000	Rio São Mateus / Braço Norte	6.732
Barra do Rio Preto	55895000	Rio São Mateus / Braço Sul	2.485
Barra de São Francisco	55900000	Rio São Francisco	344
Córrego da Boa Esperança	55920000	Rio São Mateus / Braço Sul	4.186
Boca da Vala	55960000	Rio São Mateus	11.973
Fazenda Piaunas	55970000	Rio São Mateus	12.155
São Jorge da Barra Seca	55990200	Rio Barra Seca	454,5

Para a determinação das vazões na seção em que se realiza a interferência, considerou-se a relação entre as áreas de drenagem do local da captação e da estação fluviométrica.

3.6. Balanço de água no solo

O balanço de água no solo, realizado com o Perímetro, baseia-se na metodologia descrita por ALLEN et al. (1998), Equação 1. O déficit de água, corrigido para toda a zona radicular, pode variar de zero a CTA (capacidade total de água no solo). Para iniciar o balanço hídrico, $i = 1$, a depleção ou déficit de água inicial, Dr_{i-1} , foi estimada através da umidade solo. Após a ocorrência de chuvas intensas ou irrigação, pode-se assumir que o solo estava na capacidade de campo, ou seja, $Dr_{i-1}=0$.

$$Dr_i = Dr_{i-1} - P_i + ES_i - I_i - AC_i + ET_{Ci} - P_{pi} \quad (1)$$

em que

- Dr_i = déficit de água na zona radicular no final do dia i , mm;
- Dr_{i-1} = déficit de água na zona radicular no final do dia $i - 1$, mm;
- P_{i-1} = precipitação no dia i , mm;
- ES_i = escoamento superficial no dia i , mm;
- I_{i-1} = lâmina de irrigação que infiltra no solo no dia $i - 1$, mm;
- AC_i = ascensão capilar no dia i , mm;
- ET_{Ci-1} = evapotranspiração da cultura no dia $i - 1$, mm; e
- P_{pi} = percolação profunda no dia i , mm.

O cálculo da evapotranspiração das culturas agrícolas (ET_c) foi feito diariamente, a partir do coeficiente de cultura (k_c), do coeficiente de estresse hídrico (k_s), e da evapotranspiração de referência (ET_o); e para o caso específico da irrigação localizada, utilizou-se o coeficiente de localização (k_l), Equação 2.

$$ET_c = k_l k_s k_c ET_o \quad (2)$$

Para se estimar o coeficiente de localização (k_i), foram utilizadas as equações 3, sendo que nas simulações realizadas pelo Perímetro empregase a metodologia a critério do usuário.

$$k_i = \begin{cases} \frac{P}{100} + 0,15 \left(1 - \frac{P}{100} \right) & \text{Keller (1978)} \\ \frac{P}{100} & \text{Bernardo (1996)} \\ 1,0 & \text{Fereres (1981), } P \geq 65\% \\ 1,09 \frac{P}{100} + 0,30 & \text{Fereres (1981), } 20\% < P < 65\% \\ 1,94 \frac{P}{100} + 0,1 & \text{Fereres (1981), } P \leq 20\% \\ 0,1 \sqrt{P} & \text{Keller e Bliesner (1990)} \end{cases} \quad (3)$$

Compreende-se P como a porcentagem de área molhada (P_w) ou a porcentagem de área sombreada (P_s) sendo utilizada aquela de maior valor.

Neste estudo, em função das aplicações que vêm sendo realizadas com os modelos apresentados nas equações 3, o modelo proposto por Keller (1978) e Bernardo (1996) foi utilizado para obter o K_i das culturas com plantios mais adensados, como olerícolas e café em sistema de colheita manual. Já o modelo proposto por Fereres (1981) (citado por BERNARDO et al., 2006) foi aplicado às culturas com maior espaçamento, como frutíferas e café em sistema de colheita mecanizada. Para as demais culturas e condições de cultivo, adotou-se o modelo de Keller e Bliesner (1990), citados por BERNARDO et al (2006).

A porcentagem de área sombreada e molhada foi obtida apenas para as culturas irrigadas com sistemas de irrigação por microaspersão e por gotejamento, sendo as culturas de figo, goiaba, banana, café, maracujá, seringueira, coco e hortaliças.

A duração dos estádios inicial, crescimento, intermediário e final da cultura foi representada por L_1 , L_2 , L_3 e L_4 , respectivamente. E os valores do coeficiente de cultura dos estádios inicial, intermediário e final foram representados por K_{C1} , K_{C2} , K_{C3} e K_{C4} , respectivamente. Estes valores são

determinados experimentalmente e tabelados para as principais culturas agrícolas.

O coeficiente K_s descreve o efeito do estresse hídrico na transpiração da cultura, $K_s=1$, quando não há estresse hídrico, e $0 < K_s < 1$ quando há estresse hídrico, tendo sido estimado, usando-se a Equação 4.

$$K_s = \frac{\text{Ln}(\text{LAS} + 1,0)}{\text{Ln}(\text{CTA} + 1,0)} \quad (4)$$

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pela equação de Hargreaves-Samani, Equações 5 e 6.

$$ET_o = 0,0023 (T + 17,8) \sqrt{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}} R_a \quad (5)$$

em que

T_{max} = temperatura máxima diária, °C;

T_{min} = temperatura mínima diária, °C;

T = temperatura média diária, °C; e

R_a = radiação no topo da atmosfera, $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$.

$$T = \frac{T_{\text{max}} + T_{\text{min}}}{2} \quad (6)$$

A profundidade radicular variou de um valor mínimo a um valor máximo conforme Equação 7.

$$Zr_t = \begin{cases} Zr_0 + (Zr_x - Zr_0) \frac{t}{t_2} & 0 \leq t \leq t_2 \\ Zr_x & t > t_2 \end{cases} \quad (7)$$

em que

Zr_0 = profundidade da zona radicular no plantio, m; e

Z_{r_x} = profundidade máxima da zona radicular, m.

Considerando que a porcentagem de área sombreada no plantio seja desprezível, a porcentagem de área sombreada (P_s) após um intervalo de tempo é dada pela Equação 8,

$$P_s = \begin{cases} P_{sm} \frac{t}{t_2} & 0 \leq t \leq t_2 \\ P_{sm} & t > t_2 \end{cases} \quad (8)$$

sendo P_{sm} a porcentagem de área sombreada máxima, %.

A irrigação total necessária (ITN), Equação 9, foi simulada sempre que a depressão de água no solo (D_r) ultrapassava o déficit máximo recomendado (CRA), e calculada considerando a eficiência do sistema de irrigação igual ao coeficiente de uniformidade. CRA é estimado pela Equação 10,

$$ITN = \frac{D_r}{E_a} \quad (9)$$

em que

ITN = irrigação total necessária, mm; e

E_a = eficiência de aplicação.

sendo

$$CRA = (1 - f) DTA, \quad (10)$$

em que f é o fator de disponibilidade de água no solo, valor tabelado.

A determinação da eficiência de aplicação não foi objeto deste estudo. Dessa forma, foram considerados os valores de E_a como sendo os valores de CUC determinados para algumas regiões do Espírito Santo, estudadas por Chamon (2002) e Costa (2006), optando-se por utilizar nos sistemas de irrigação por aspersão convencional e microaspersão, 79,8% e 91,2%, respectivamente, e 90% e 79,5% para os sistemas de gotejamento e aspersão com pivô central. Como para muitas propriedades, verificou-se o uso de mangueira na prática da irrigação complementar, adotou-se uma E_a de 60% para esse tipo de equipamento.

O fator de disponibilidade de água no solo (f) para as culturas irrigadas foram os recomendados por Bernardo et. al (2006) (Quadro 6).

Quadro 6 – Fator de disponibilidade de água no solo (f)

Grupo de culturas	Valores de f
Verduras e legumes	0,3
Frutas e forrageiras	0,5
Grãos e algodão	0,6

Fonte: BERNARDO (2006).

De acordo com as características de textura dos solos da região, para Pinheiros, adotou-se uma disponibilidade total de água no solo média de $1,0 \text{ mm cm}^{-1}$ para Pinheiros, e para Conceição da Barra $0,8 \text{ mm cm}^{-1}$ (EMBRAPA, 1978; COSTA, 2006; BERNARDO; 2006), tendo em vista que não foram realizadas análises físico-químicas na área de estudo.

Para sistemas de irrigação por aspersão convencional e pivô central, adotou-se uma área molhada (P_w) de 100%. Para sistemas de irrigação por microaspersão e gotejamento, o P_w foi calculado, utilizando-se as equações 11 e 12, respectivamente.

$$P_w = 180 \pi R^2 \frac{S_{em}}{S_f} \quad (11)$$

em que

S_{em} = espaçamento entre microaspersores, m;
 S_f = espaçamento entre fileiras de plantas, m; e
 R = raio de alcance do microaspersor, m.

$$P_w = \begin{cases} 100 \frac{W}{S_f} & S_e < S_e' & \text{linha lateral simples} \\ 100 \frac{S_e' W}{S_e S_f} & S_e \geq S_e' & \text{linha lateral simples} \\ 50 \frac{S_e' + W}{S_f} & S_e < S_e' & \text{linhas laterais duplas} \\ 50 \frac{S_e' (S_e' + W)}{S_e S_f} & S_e \geq S_e' & \text{linhas laterais duplas} \end{cases} \quad (12)$$

em que

S_e = espaçamento entre emissores, m;
 W = diâmetro de bulbo molhado, função da vazão do emissor e do tipo de solo, m; e
 $S_e' = \pi W/4$, m.

O tempo de irrigação foi calculado, utilizando-se as equações 13, 14 e 15, para os sistemas de irrigação por aspersão convencional, microaspersão e gotejamento, respectivamente.

$$t_{ic} = ITN \frac{S_1 S_2}{q} \quad (13)$$

$$t_{im} = ITN \frac{S_{em} S_f}{q} \quad (14)$$

$$t_{ig} = ITN \frac{S_{eg} S_f}{q} \quad (15)$$

em que

t_{ic} = tempo de irrigação para sistema de irrigação por aspersão convencional, h;
 S_1 = espaçamento entre aspersores, m;
 S_2 = espaçamento entre linhas laterais, m; e
 q = vazão do emissor, L h⁻¹.
 t_{im} = tempo de irrigação para sistema de irrigação por microaspersão, h;
 S_{em} = espaçamento entre microaspersores, m;
 R = alcance do microaspersor, m.
 t_{ig} = tempo de irrigação para sistema de irrigação por gotejamento, h;
 S_{eg} = espaçamento entre gotejadores, h; e
 S_f = espaçamento entre fileiras de plantas, m.

A velocidade percentual do pivô central foi determinada, utilizando-se a Equação 16.

$$V_p = V_r \frac{T_{100\%}}{T_{x\%}}, \quad (16)$$

sendo

V_p = velocidade de rotação, %;
 $T_{100\%}$ = número de horas para uma volta do pivô a 100%, h;
 V_r = velocidade de rotação para aplicar ITN, %; e
 $T_{x\%}$ = tempo de irrigação na velocidade V_r , h.

Durante o cadastramento dos usuários da bacia hidrográfica do Córrego do Jundiá, não foi possível avaliar os equipamentos de irrigação existentes em cada uma das propriedades. Desse modo, as simulações foram realizadas, considerando-se as características dos equipamentos apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 – Características adotadas para os sistemas de irrigação, utilizando aspersores, pivô central, microaspersores e gotejadores

<p>Aspersor convencional para café</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do aspersor: 0,24 L s⁻¹ ▪ Espaçamento entre aspersores: 12 m ▪ Espaçamento entre linha lateral: 12 m 	<p>Aspersor convencional para seringueira</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do aspersor: 0,32 L s⁻¹ ▪ Espaçamento entre aspersores: 12 m ▪ Espaçamento entre linha lateral: 12 m
<p>Aspersor convencional para pastagem</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do aspersor: 0,361 L s⁻¹ ▪ Espaçamento entre aspersores: 12 m ▪ Espaçamento entre linha lateral: 12 m 	<p>Aspersor convencional para mamão</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do aspersor: 0,28 L s⁻¹ ▪ Espaçamento entre aspersores: 12 m ▪ Espaçamento entre linha lateral: 18 m
<p>Aspersor convencional para abóbora</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do aspersor: 0,43 L s⁻¹ ▪ Espaçamento entre aspersores: 12 m ▪ Espaçamento entre linha lateral: 12 m 	<p>Aspersor convencional para feijão e milho</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do aspersor: 0,19 L s⁻¹ ▪ Espaçamento entre aspersores: 12 m ▪ Espaçamento entre linha lateral: 12 m
<p>Aspersor convencional para maracujá</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do aspersor: 0,23 L s⁻¹ ▪ Espaçamento entre aspersores: 12 m ▪ Espaçamento entre linha lateral: 12 m 	<p>Aspersor convencional para hortaliças</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do aspersor: 0,22 L s⁻¹ ▪ Espaçamento entre aspersores: 12 m ▪ Espaçamento entre linha lateral: 12 m
<p>Pivô central para cana-de-açúcar</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 67,0 L s⁻¹ ▪ Tempo para uma volta completa: 20 h ▪ Raio: 565 m ▪ Rotação: horária ▪ Posição: 120° 	<p>Pivô central 1 para café</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 38,0 L s⁻¹ ▪ Tempo para uma volta completa: 20 h ▪ Raio: 315 m ▪ Rotação: horária ▪ Posição: 120°
<p>Pivô central 2 para café</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 54,8 L s⁻¹ ▪ Tempo para uma volta completa: 20 h ▪ Raio: 378 m ▪ Rotação: horária ▪ Posição: 120° 	<p>Pivô central 3 para café</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 45,1 L s⁻¹ ▪ Tempo para uma volta completa: 20 h ▪ Raio: 315 m ▪ Rotação: horária ▪ Posição: 120°

continua...

Quadro 7, Cont.

<p>Pivô central 4 para café</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 54,8 L s⁻¹ ▪ Tempo para uma volta completa: 20 h ▪ Raio: 400 m ▪ Rotação: horária ▪ Posição: 120° 	<p>Pivô central para abóbora</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 101,6 L s⁻¹ ▪ Tempo para uma volta completa: 20 h ▪ Raio: 505 m ▪ Rotação: horária ▪ Posição: 120°
<p>Pivô central 4 para café</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 54,8 L s⁻¹ ▪ Tempo para uma volta completa: 20 h ▪ Raio: 400 m ▪ Rotação: horária ▪ Posição: 120° 	<p>Pivô central para abóbora</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 101,6 L s⁻¹ ▪ Tempo para uma volta completa: 20 h ▪ Raio: 505 m ▪ Rotação: horária ▪ Posição: 120°
<p>Microaspersor para hortaliças</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 14 L h⁻¹ ▪ Espaçamento entre microaspersores: 3,0 m ▪ Espaçamento entre linha lateral: 3,0 m ▪ Alcance do microaspersor: 2,0 m 	<p>Microaspersor para figo</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 25 L h⁻¹ ▪ Espaçamento entre microaspersores: 2,5 m ▪ Espaçamento entre linha lateral: 3 m ▪ Alcance do microaspersor: 2,1 m
<p>Microaspersor para banana</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 12 L h⁻¹ ▪ Espaçamento entre microaspersores: 2 m ▪ Espaçamento entre linha lateral: 4 m ▪ Alcance do microaspersor: 2 m 	<p>Microaspersor para goiaba</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 46 L h⁻¹ ▪ Espaçamento entre microaspersores: 8 m ▪ Espaçamento entre linha lateral: 8 m ▪ Alcance do microaspersor: 2,1 m
<p>Microaspersor para café</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 15 L h⁻¹ ▪ Espaçamento entre microaspersores: 3 m ▪ Espaçamento entre linha lateral: 5,0 m ▪ Alcance do microaspersor: 1 m 	<p>Microaspersor para coco</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 37 L h⁻¹ ▪ Espaçamento entre microaspersores: 8,0 m ▪ Espaçamento entre linha lateral: 8,0 m ▪ Alcance do microaspersor: 2,8 m
<p>Gotejador para mamão</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 3,2 L h⁻¹ ▪ Espaçamento entre emissores: 1,0 m ▪ Diâmetro do bulbo molhado: 1,2 m ▪ Linha lateral: simples 	<p>Gotejador para café</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vazão do equipamento: 4,0 L h⁻¹ ▪ Espaçamento entre emissores: 1,0 m ▪ Diâmetro do bulbo molhado: 1,2 m ▪ Linha lateral: simples

continua...

Quadro 7, Cont.

Gotejador para hortaliças	Gotejador para maracujá
<ul style="list-style-type: none">▪ Vazão do equipamento: 3,4 L h⁻¹▪ Espaçamento entre emissores: 1,0 m▪ Diâmetro do bulbo molhado: 1,25 m▪ Linha lateral: simples	<ul style="list-style-type: none">▪ Vazão do equipamento: 2,2 L h⁻¹▪ Espaçamento entre emissores: 1,0 m▪ Diâmetro do bulbo molhado: 1,2 m▪ Linha lateral: simples

Para as propriedades cuja aplicação da água é realizada utilizando-se mangueira, foram adotadas as características de aspersores convencionais que irrigam o mesmo tipo cultura. Nas culturas irrigadas que apresentam consórcios optou-se por manter o equipamento capaz de suprir o déficit de água da cultura de maior demanda.

3.7. Demanda de água na bacia

A demanda de água observada na bacia hidrográfica em estudo foi determinada com base no manejo de irrigação adequado das culturas existentes nas propriedades levantadas no cadastro. A partir destes dados foi avaliada a demanda de água de cada usuário.

A vazão de pico na irrigação para cada propriedade foi calculada pela Equação 17, enquanto a vazão captada média foi obtida pela Equação 18.

$$Q_{pi} = 2,78 \sum_{i=1}^N \frac{ITN A_{pi}}{TDF PI} \quad (17)$$

em que

Q_{pi} = vazão de pico na irrigação para propriedade, L s⁻¹;

A_{pi} = área da parcela i, ha;

TDF = tempo de funcionamento do sistema, h;

PI = período de irrigação, dias; e

N = número de parcelas.

$$Q_{cm} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{pi} t_i}{24} \right), \quad (18)$$

sendo Q_{cm} a vazão captada média ($L s^{-1}$) e t_i o tempo de irrigação (h).

A avaliação da disponibilidade hídrica na seção de interesse foi realizada, considerando os valores máximos outorgáveis para um mesmo usuário, 25% Q_{90} , e a vazão máxima disponível para captação, 50% Q_{90} , considerando a demanda de água acumulada a montante (Q_{dem}) obtida pela somatória das vazões captadas a montante da seção de interesse, Equação 19.

$$Q_{dem} = \sum Q_{mt}, \quad (19)$$

em que

Q_{dem} = demanda de água acumulada a montante da seção de interesse, $L s^{-1}$; e

Q_{mt} = vazão captada por propriedade a montante da seção de interesse, $L s^{-1}$.

Conhecendo a disponibilidade hídrica e a vazão captada pelo usuário em uma dada seção, foi possível determinar o balanço de água para cada trecho e, conseqüentemente, para toda bacia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Cadastro de usuários

Foram entrevistados 45 usuários de água da bacia do Córrego Jundiá. Desse total, apenas dois usuários não utilizam a água captada para fins de irrigação; estes usuários são do setor de saneamento e captam água para fins de abastecimento público e diluição de efluentes domésticos.

A companhia de saneamento do Estado do Espírito Santo (Cesan) capta 2 L s^{-1} , para abastecer os moradores do Assentamento Pontal do Jundiá, do município de Conceição da Barra. Há previsão de falta de água futuramente, pois não foi previsto o aumento da vazão captada com o aumento da população. Este é um projeto que visa atender comunidades rurais do interior do Estado do Espírito Santo, conforme informado pelo funcionário entrevistado da Cesan.

Com relação à diluição de efluentes domésticos, esta também é realizada pela Cesan no município de Pinheiros, que não possui tratamento de efluentes domésticos e interceptores de esgoto. Estes são lançados *in natura* nos cursos de água da bacia de maneira difusa, sendo difícil a sua quantificação. No entanto, tendo em vista que a vazão de água distribuída para o município é de aproximadamente 41 L s^{-1} e considerando um coeficiente de retorno de 0,8 (VON SPERLING, 1996), estima-se que cerca de $32,8 \text{ L s}^{-1}$ do efluente doméstico gerado no município seja lançado em

cursos de água da bacia do Córrego Jundiá. Vale ressaltar que a vazão que abastece o município de Pinheiros não vem da bacia em estudo, caracterizando assim uma integração de bacias.

A localização das interferências nos cursos de água cadastradas durante as entrevistas realizadas com os usuários de água do setor agrícola pode ser visualizada nas Figuras 2 a 4, enquanto as demais características relacionadas ao uso são apresentadas no Quadro 8 e no Apêndice C.

Verificou-se que aproximadamente 40,9% das captações são realizadas a fio d'água, enquanto 59,1% são feitas em barramentos, que possuem a função de acumular e elevar o nível de água, sendo a sua maioria localizada no município de Pinheiros, região de cabeceira da bacia.

Foram observados os seguintes sistemas de irrigação com as respectivas porcentagens em relação ao total de usuários entrevistados: aspersão convencional (38,8%), pivô central (12,2%), microaspersão (16,3%), gotejamento (16,3%), e irrigação com mangueiras (16,3%). Verificou-se, ainda, que 14,0% do total de propriedades utilizam mais de um método de irrigação.

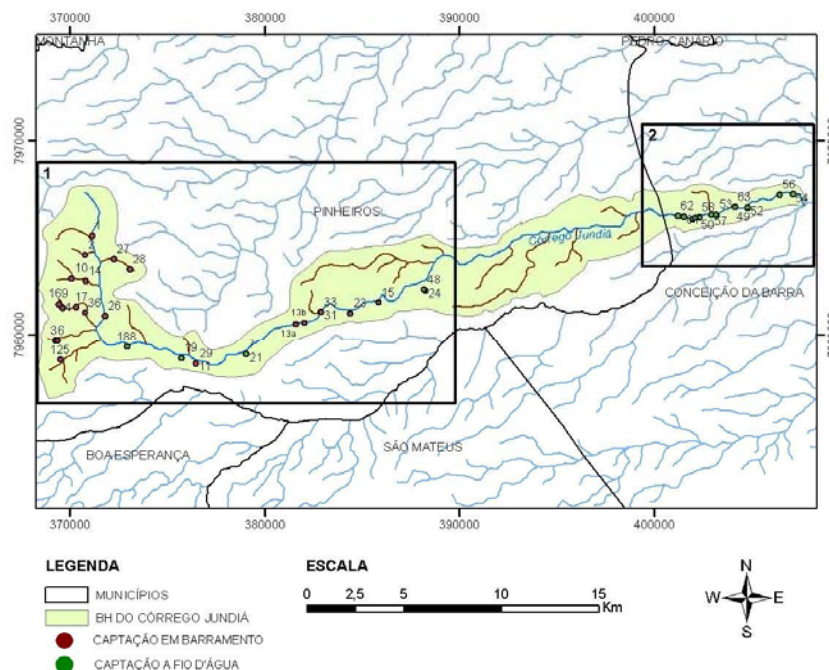


Figura 2 – Mapa geral da área de estudo e a localização das interferências realizadas nos cursos d'água superficiais na bacia do Córrego Jundiá.

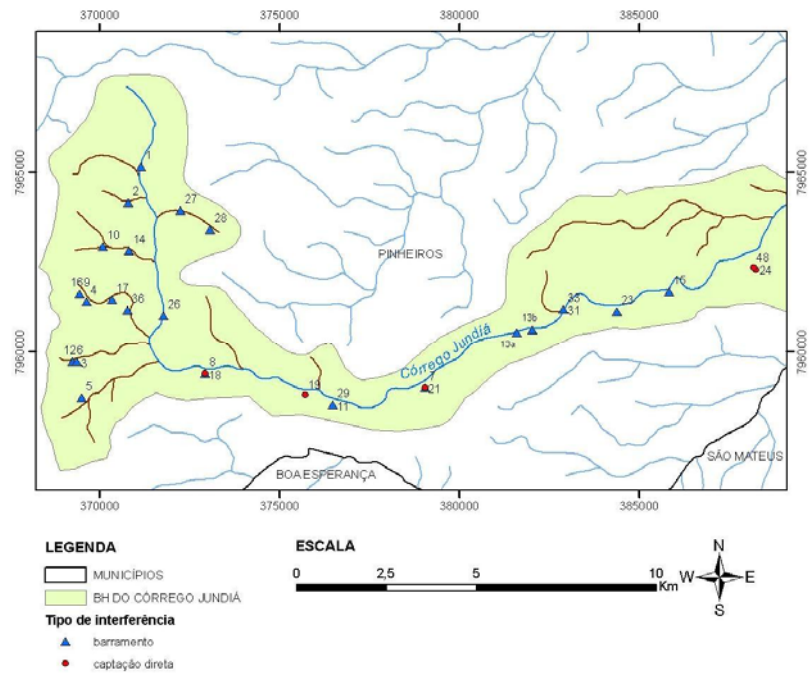


Figura 3 – Detalhe do quadro 1 visualizado na Figura 2 com a localização das interferências realizadas nos cursos d’água superficiais na bacia do Córrego Jundiá.

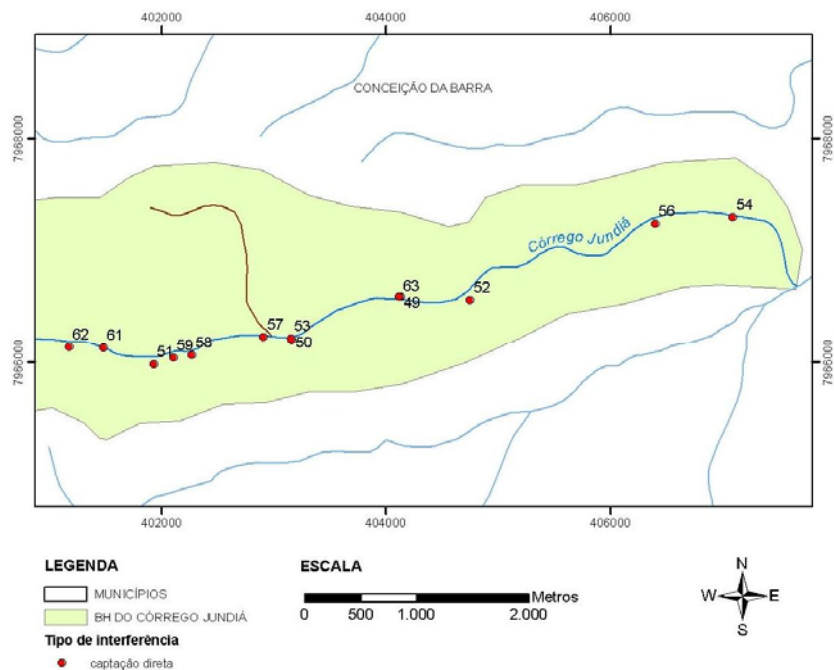


Figura 4 – Detalhe do quadro 2 visualizado na Figura 2, com a localização das interferências realizadas nos cursos d’água superficiais na bacia do Córrego Jundiá.

Quadro 8 – Tipo de culturas e respectivos métodos de irrigação e área irrigada das propriedades levantadas no cadastramento dos usuários da bacia do Córrego Jundiá, abrangendo os municípios de Pinheiros e Conceição da Barra

Propriedade de	Culturas				Área irrigada (ha)				Método de irrigação			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	café	-	-	-	2	-	2	-	aspersão	-	-	-
2	figo	goiaba	banana	-	1	2	2	-	microaspersão	microaspersão	microasper-	-
3	café	-	-	-	12	-	-	-	gotejamento	-	-	-
4	café	-	-	-	17	-	-	-	gotejamento	-	-	-
5	hortaliças	-	-	-	1	-	-	-	aspersão	-	-	-
6	café	-	-	-	6	-	-	-	aspersão	-	-	-
7	hortaliças	-	-	-	1	-	-	-	aspersão	-	-	-
8	café	hortaliças	-	-	15	0,5	-	-	gotejamento	gotejamento	-	-
9	café	hortaliças	-	-	4	0,5	-	-	aspersão	aspersão	-	-
10	maracujá	-	-	-	8	-	-	-	gotejamento	-	-	-
11	café	-	-	-	45	-	-	-	pivô	-	-	-
12	café	-	-	-	23,5	-	-	-	microaspersão	-	-	-
13a	coco	-	-	-	50	-	-	-	microaspersão	-	-	-
13b	café	café	-	-	30	37	-	-	aspersão	pivô	-	-
14	maracujá	-	-	-	5	-	-	-	gotejamento	-	-	-
15	cana-de-açúcar	-	-	-	100	-	-	-	pivô	-	-	-
16	café	-	-	-	22	-	-	-	gotejamento	-	-	-
17	café	-	-	-	15	-	-	-	aspersão	-	-	-
18	café+seringueira	goiaba	mamão	seringueira	3	5	12	1	aspersão	microaspersão	gotejamento	asper-
19	pasto	-	-	-	7,5	-	-	-	aspersão	-	-	-
21	mamão	-	-	-	20	-	-	-	aspersão	-	-	-
23	café + mamão	-	-	-	45	-	-	-	aspersão	-	-	-
24	abóbora	-	-	-	2,5	-	-	-	aspersão	-	-	-
26	café	-	-	-	35	-	-	-	aspersão	-	-	-
27	café	-	-	-	50	-	-	-	pivô	-	-	-
28	café	-	-	-	44,15	-	-	-	aspersão	-	-	-

continua...

Quadro 8, Cont.

Propriedade	Culturas				Área irrigada (ha)				Método de irrigação			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
29	mamão + seringueira	-	-	-	60	-	-	-	aspersão	-	-	-
31	abóbora	abóbora	-	-	160	190	-	-	pivô	aspersão microasper- são	-	-
33	café	café	-	-	1,84	3,33	-	-	gotejamento	-	-	-
36	café	-	-	-	31	-	-	-	pivô	-	-	-
48	hortaliças	-	-	-	0,5	-	-	-	microasper- são	-	-	-
49	café+ coco	-	-	-	2,5	-	-	-	microasper- são	microasper- são	-	-
50	café	-	-	-	1,5	-	-	-	aspersão	-	-	-
51	hortaliças	-	-	-	-	-	-	1	aspersão	-	-	-
52	café	mamão	-	-	2	1	-	-	aspersão	aspersão	-	-
53	café	-	-	-	2,25	-	-	-	aspersão	-	-	-
54	milho + feijão café + pimenta-do- reino	maracujá	-	-	1	1	-	-	aspersão	-	-	-
56	café	-	-	-	4,5	-	-	-	aspersão	-	-	-
57	café	-	-	-	4	-	-	-	aspersão microasper- são	-	-	-
58	mamão + café	-	-	-	1	-	-	-	aspersão	-	-	-
59	mamão + café	-	-	-	2	-	-	-	aspersão	-	-	-
61	café	hortaliças	-	-	8	0,5	-	-	aspersão	aspersão	-	-
62	maracujá	-	-	-	1	-	-	-	aspersão	-	-	-

A bacia do Córrego Jundiá possui uma área irrigada de aproximadamente 1.108 ha, dos quais 39,8% são irrigados por aspersão convencional, 8,4% por microaspersão, 8,5% por gotejamento, 42,4% por pivô central e 0,9% utilizando mangueira.

Dentre as culturas irrigadas pelos usuários de água do setor agrícola, foram encontradas: abóbora, banana, café, cana-de-açúcar, coco, feijão, figo, goiaba, mamão, maracujá, milho, pastagem, pimenta-do-reino, quiabo, seringueira, e hortaliças, além de consórcios de café com seringueira, mamão com café, mamão com seringueira, milho com feijão, e pimenta-do-reino com café. As culturas que apresentaram maior ocorrência foram: café, mamão e hortaliças.

Durante as entrevistas, pôde-se verificar que muitos dos proprietários não seguiam uma prática de manejo de irrigação adequada, tendo em vista que irrigavam com base na sua sensibilidade. Esse comportamento foi mais freqüente nos usuários próximos à foz do rio, situados no município de Conceição da Barra, cuja freqüência de irrigação, ao longo do ano, também foi menor. Acredita-se que o fato de os usuários irrigantes localizados no município de Conceição da Barra não possuírem assistência técnica especializada, seja a causa de tal comportamento. Já no município de Pinheiros, grande parte dos usuários de água possui algum tipo de orientação na atividade agrícola, seja esta contratada ou realizada pelo proprietário que possui qualificação na área, o que acaba melhorando o manejo da irrigação.

4.3. Simulação da demanda de água na propriedade

Tendo em vista que foi simulado o consumo de água, de outubro de 2005 a setembro de 2006, considerando o manejo de irrigação adequado, para todas as propriedades, para efeito de exemplo, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos somente para alguns tipos de culturas verificadas na bacia.

No Quadro 9, são apresentadas as culturas existentes na bacia do Córrego Jundiá e as características adotadas durante a simulação da

necessidade hídrica das culturas e a demanda de água de cada propriedade. Estes dados foram obtidos através de uma extensa revisão bibliográfica. Algumas culturas e determinados consórcios não tiveram seus valores de k_c disponíveis. Para essas culturas, foram utilizados valores de culturas semelhantes e para os consórcios foram realizadas as simulações, considerando a cultura associada ao consórcio de maior demanda hídrica.

São apresentados na Figura 5 os resultados obtidos no setor 1 da propriedade 1, ocupada por café irrigado por aspersão convencional, para a capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), evapotranspiração da cafeieiro (ET_c), irrigação total necessária (ITN) e precipitação (P) durante as simulações de manejo da irrigação. Pode-se verificar que a ET_c do café permaneceu entre 1,6 e 6,8 mm dia^{-1} , sendo os menores valores observados no período que vai do 200º ao 337º dia do período de simulação, que correspondem aos meses de abril a agosto de 2006, enquanto os maiores valores de ET_c ocorreram nos meses de outubro de 2005 a março de 2006. Como na simulação a cultura do cafeieiro foi plantada no ano anterior ao de simulação a fim de observar os maiores valores de demanda de água da cultura, percebe-se que no início do período simulado a CTA ainda não atingiu seu valor máximo devido ao aumento da profundidade radicular, com isso os períodos de irrigação foram menos espaçados.

Os valores de ITN observados na propriedade 1 variaram de 16,6 a 31,7 mm (Figura 5), tais valores estão associados a um déficit de água no solo de 13,3 e de 25,3 mm, respectivamente, tendo em vista que a eficiência de aplicação (E_a) considerada durante as simulações para o equipamento utilizado na referida propriedade, aspersão convencional, foi de 79,6%.

A lâmina de água no solo permaneceu entre a CTA e a lâmina de segurança no solo (LSS), conforme Figura 5. Assim, quando a lâmina de água no solo aproximava-se da LSS a cultura era irrigada de modo a atingir a CTA. Logicamente, devido ao déficit acumulado não coincidir com o déficit permitido algumas vezes a lâmina de água no solo caiu um pouco abaixo da lâmina de segurança.

Quadro 9 – Culturas irrigadas na bacia do Córrego Jundiá e suas principais características usadas no Perímetro

Culturas	Fator de disponibilida de hídrica (f)	Profundidade radicular (m)		Estádio de desenvolvimento				Coeficiente da Cultura			Espaçamento entre plantas (m)	Espaçamento entre fileiras (m)	Área sombreada ou molhada (%)	Época de plantio
		Inicial	Final	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	Kc ₁	Kc ₃	Kc ₄				
Abóbora	0,4	0,1	0,6	20	15	15	20	0,7	1,2	1,4	1,0	2,0	100,0	setembro/ janeiro
Banana	0,5	0,1	0,6	120	60	180	5	1,0	1,2	1,0	2,0	2,0	100,0	outubro
Café	0,6	0,1	0,5	303	62	303	62	0,9	0,95	0,95	2,0	2,5	80,0	outubro
Café + coco	0,5	0,1	0,5	303	62	303	62	0,9	0,95	0,95	2,0	2,5	-	outubro
Café + mamão	0,5	0,1	0,3	50	160	90	60	0,5	1,2	1,0	2,0	2,5	-	outubro
Café +pimenta- do-reino	0,6	0,1	0,5	303	62	303	62	0,9	0,95	0,95	2,0	2,5	-	outubro
Café + seringueira	0,5	0,1	0,5	303	62	303	62	0,9	0,95	0,95	2,0	2,5	-	outubro
Cana-de-açúcar	0,5	0,1	1,0	50	70	220	140	0,4	1,25	0,75	0,8	1,5	-	outubro
Coco	0,5	0,1	1,0	120	120	120	360	0,6	0,8	0,8	8,0	8,0	30,0	outubro
Feijão	0,6	0,06	0,45	15	24	37	15	1,04	1,34	0,34	0,12	0,5	-	maio/ novembro
Feijão + milho	0,6	0,06	0,45	15	24	37	15	1,04	1,34	0,34	0,12	0,5	-	maio/ novembro
Figo	0,5	0,1	1,0	63	46	63	193	0,76	0,80	0,67	2,5	2,0	-	junho
Goiaba	0,5	0,1	0,94	67	46	63	193	0,76	0,80	0,67	8,0	8,0	60,0	outubro
Hortaliças	0,4	0,1	0,3	35	45	40	15	0,7	1,05	0,95	0,25	0,25	100,0	outubro
Mamão	0,5	0,1	0,3	50	160	90	60	0,5	1,2	1,0	3,0	3,0	56,0	outubro
Mamão + seringueira	0,5	0,1	0,3	50	160	90	60	0,5	1,2	1,0	3,0	3,0	-	outubro
Maracujá	0,5	0,1	0,45	50	150	90	225	0,4	0,75	0,75	2,0	3,0	28,0	outubro
Milho	0,6	0,1	0,5	30	50	60	40	0,7	1,2	0,6	0,12	0,85	-	maio/ novembro
Pastagem	0,5	0,1	0,6	30	30	30	30	0,75	0,75	0,75	0,2	0,2	-	novembro
Seringueira	0,5	0,1	1,0	180	60	90	35	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	-	novembro

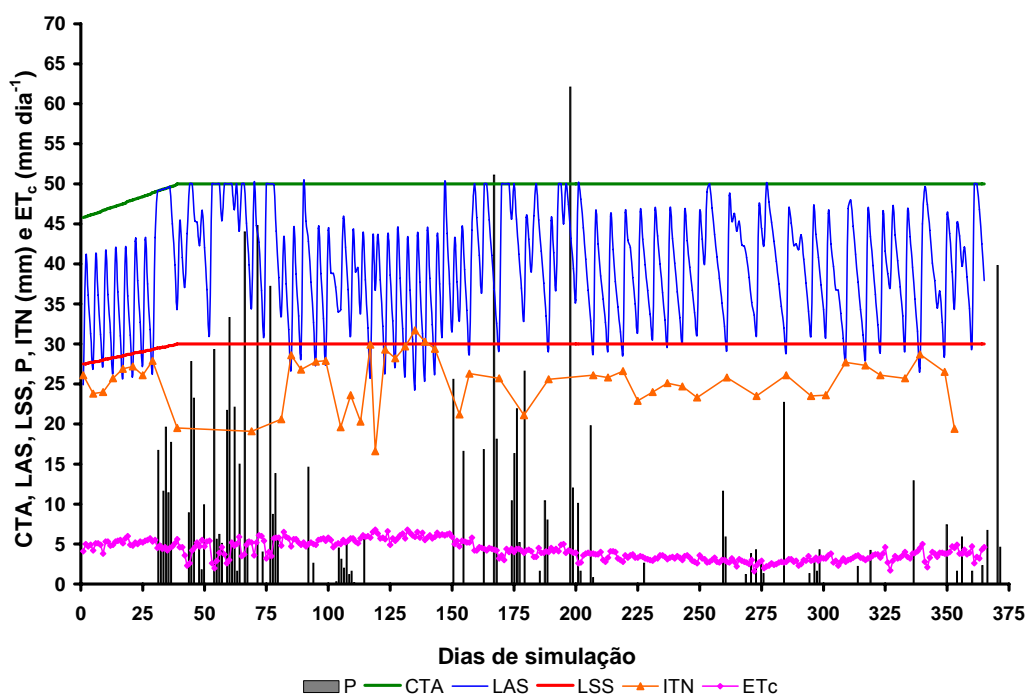


Figura 5 – Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P), irrigação total necessária (ITN) e evapotranspiração (ET_c) para a cultura do café plantada na propriedade 1.

Considerando a demanda hídrica da cultura, o comportamento se repetiu nas propriedades 3, 4, 6, 8, 9, 11, 12, 13a, 13b, 16, 17, 26, 27, 28, 33, 36, 50, 52, 53, 57, 59, 61, por se tratar de áreas ocupadas com café e início de plantio em outubro de 2004. O mesmo ocorreu nas propriedades 18, 23, 49, 56 e 58 com o café consorciado com seringueira, coco e pimenta-do-reino, pois as simulações de manejo da irrigação realizadas foram realizadas com base na necessidade de água do café.

Os valores de ET_c observados para as áreas ocupadas com cafeeiro e irrigadas por gotejamento, propriedades 3, 4, 8, 16 e 33 (parcela 1), apresentaram uma evapotranspiração entre 1,7 a 7,1 mm dia⁻¹, valores maiores que os obtidos aspersão convencional. Na irrigação por gotejamento, considerou-se 80% de área sombreada, logo a evapotranspiração do cafeeiro tenderia ser menor de que no irrigado com aspersão convencional, entretanto a maior frequência de irrigação no primeiro caso mantém a umidade do solo maior no momento da irrigação, proporcionando um maior valor de k_s, e conseqüentemente maior valor de ET_c, o que prevaleceu nesse caso.

As propriedades 11, 13a (parcela 2), 27 e 36, irrigadas com pivô central, apesar de terem suas áreas ocupadas por café, apresentaram valores de LAS e ITN inferiores aos das propriedades irrigadas com aspersão convencional, pois nas simulações realizadas nestas áreas trabalhou-se com um turno de rega máximo de três dias. Desse modo, conforme apresentado na Figura 6, para a propriedade 11, a ITN aplicada variou de 8,7 a 14,1 mm.

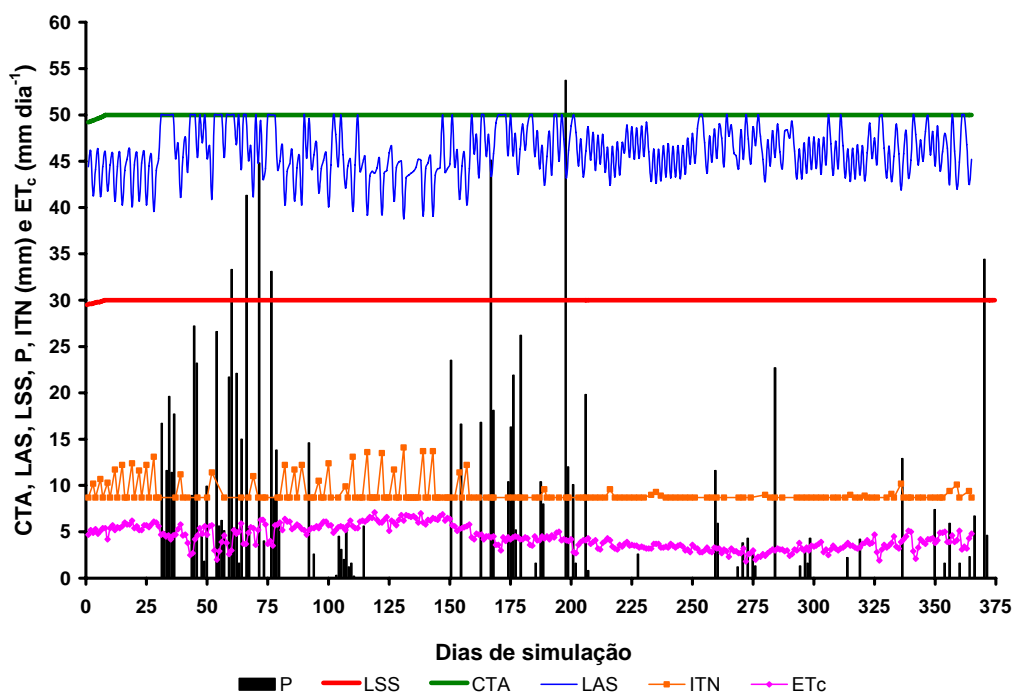


Figura 6 – Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P), irrigação total necessária (ITN) e evapotranspiração (ET_c) para a cultura do café irrigada com pivô central, na propriedade 11.

Encontram-se na Figura 7, os valores de capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P), irrigação total necessária (ITN) e evapotranspiração do maracujazeiro irrigado por gotejamento (ET_c) na propriedade 10. Pode-se verificar que a ET_c manteve-se entre 1,6 e 5,6 $mm\ dia^{-1}$, sendo os maiores valores verificados nos seis primeiros meses de simulação, meses de outubro a fevereiro, correspondentes ao estágio de produção. Com relação à ITN aplicada, esta permaneceu entre 9,2 e 22,6 mm, correspondentes aos déficits de 8,3 e 20,4 mm, respectivamente, pois durante as simulações

considerou-se que os sistemas de irrigação por gotejamento tinham eficiência de aplicação (E_a) de 90%.

Durante as simulações, a aplicação de lâmina de irrigação na propriedade 10 ocorreu a cada três dias, em todo o período simulado, com exceção dos dias em que a precipitação efetiva foi suficiente para suprir o déficit de água no solo, pois o período de simulação contemplou o período de maior exploração do perfil do solo por parte do sistema radicular da cultura.

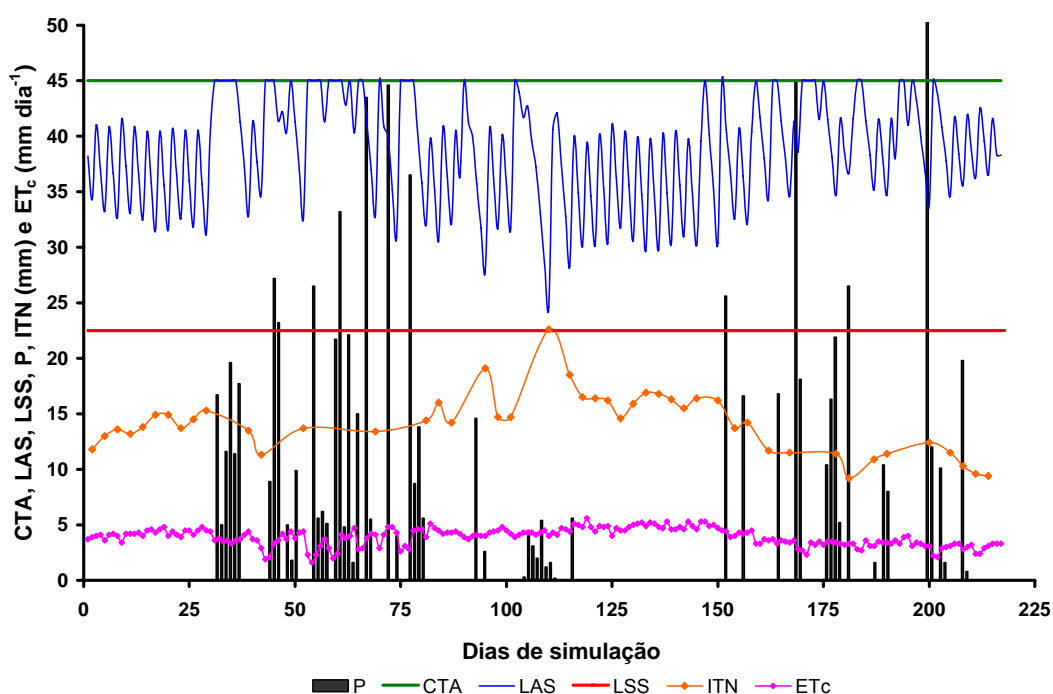


Figura 7 - Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P), irrigação total necessária (ITN) aplicada por gotejadores e evapotranspiração para o maracujazeiro (ET_c), na propriedade 10.

A propriedade 14, ocupada por maracujazeiro irrigado por gotejamento, apresentou comportamento similar à propriedade 10, tanto para ET_c quanto para ITN, pois ambas são ocupadas pelo mesmo tipo de cultura plantada à mesma época.

Embora também ocupadas por maracujazeiro, as áreas irrigadas por aspersão convencional das propriedades 54 (parcela 2) e 62 tiveram um comportamento diferenciado para as variáveis ITN, LAS e ET_c , mesmo

considerando a mesma época de plantio das propriedades 10 e 14, conforme (Figura 8), uma vez que as últimas eram irrigadas por gotejamento. Tal fato era esperado devido à maior frequência de irrigação na irrigação por gotejamento.

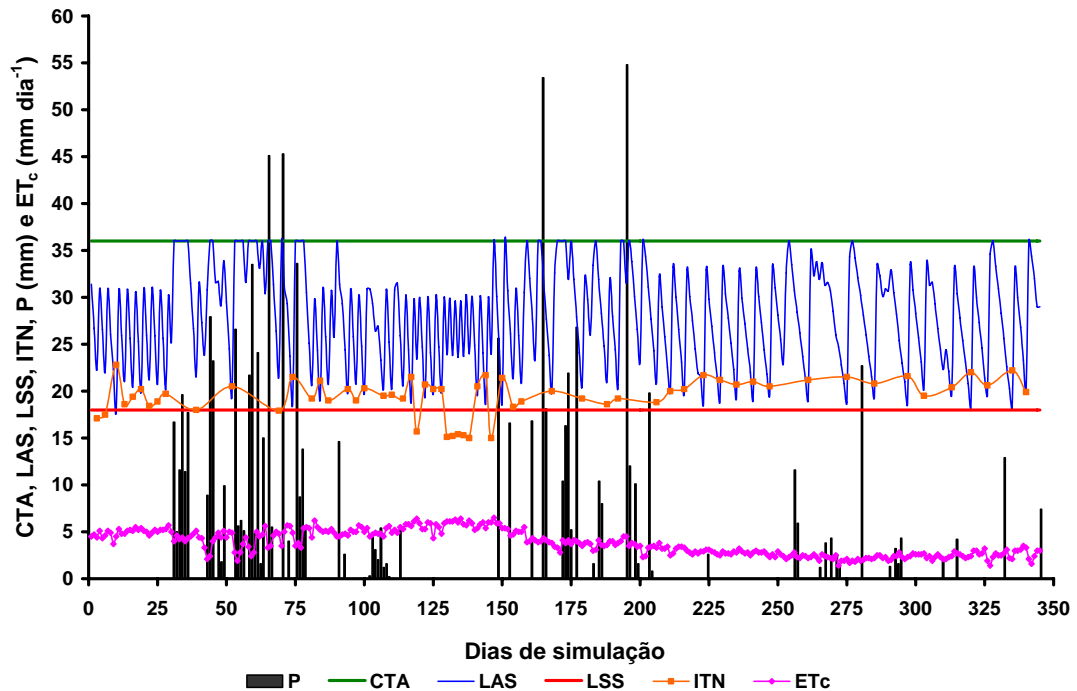


Figura 8 – Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P), irrigação total necessária (ITN) aplicada por aspersão convencional e evapotranspiração (ET_c) para a cultura do maracujá, na propriedade 54.

As propriedades 18 (parcela 3) e 21, ocupadas por mamão, apresentaram ET_c diferentes por utilizarem métodos de irrigação diferenciado, gotejamento e aspersão convencional, respectivamente. No entanto, a amplitude entre os intervalos de ET_c para as duas propriedades foram relativamente próximos, sendo a evapotranspiração obtida de 1,1 a 6,5 $mm\ dia^{-1}$ e 1,1 a 6,1 $mm\ dia^{-1}$ para o mamão nas propriedades 18 e 21, respectivamente, conforme Figuras 9 e 10.

Constatou-se na propriedade 18 um turno de rega inferior ao observado na propriedade 21 durante as simulações. Com isso, houve uma maior frequência de irrigação na propriedade 18, tendo em vista que o turno de rega máximo foi de três dias, e que a irrigação era realizada por sistema

de microaspersão. Enquanto, na propriedade 21, o turno de rega foi variável, com um mínimo de três dias, porém chegando a 7 (sete) dias em virtude da capacidade de armazenamento de água no solo. Logicamente, os valores de ITN simulados foram diferentes, na propriedade 18, variou de 3,1 a 16,0 mm, e na propriedade 21 de 3,8 a 23,8 mm.

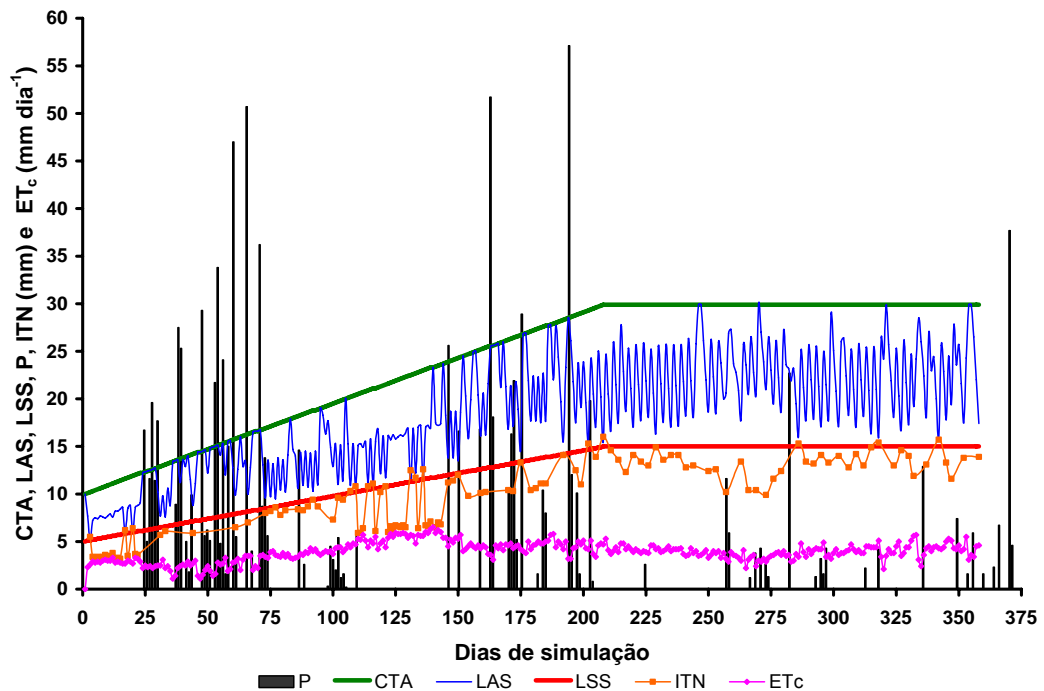


Figura 9 – Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P), irrigação total necessária (ITN) aplicada por gotejamento, e evapotranspiração (ET_c) para a cultura do mamão, na propriedade 18.

Constatou-se que a única propriedade que possui pastagem irrigada na bacia do Córrego do Jundiá é a 19. Como esta cultura possui ciclos curtos e um manejo diferenciado foram realizadas três simulações considerando diferentes datas de plantio (01-10-2005, 01-02-2006 e 01-06-2006). Na primeira data de plantio, considerou-se o ciclo da cultura conforme apresentado no Quadro 9, enquanto para as demais datas de plantio simulada manteve-se um k_c de 0,75 para todo o período simulado, tendo em vista que a cultura já havia se estabelecido e apresentava um sistema radicular bem desenvolvido.

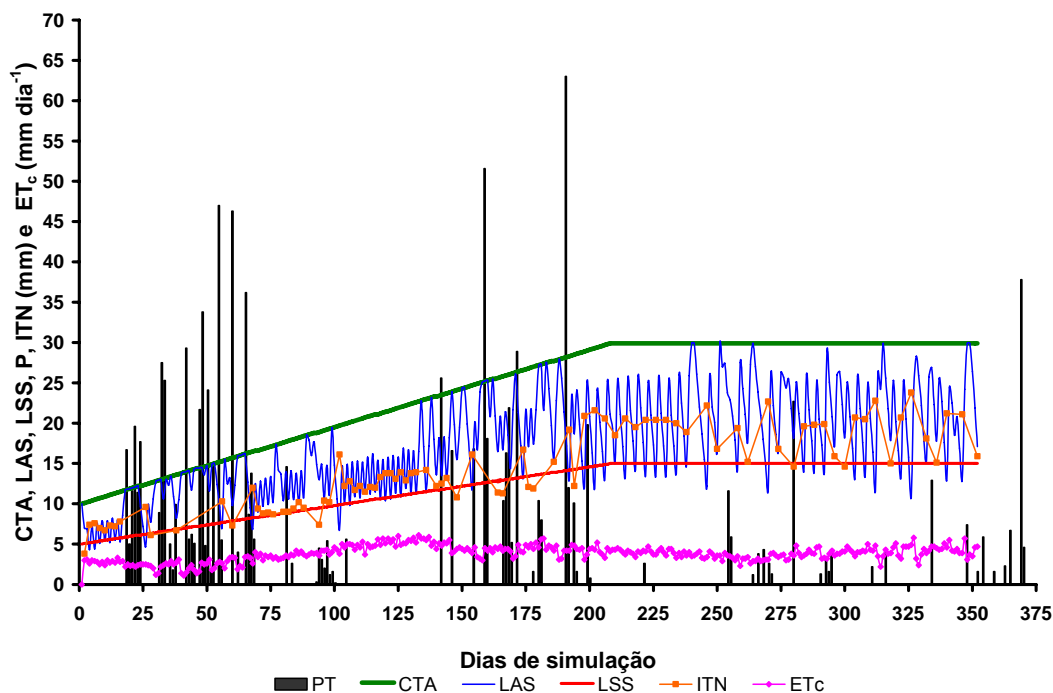


Figura 10 – Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P), irrigação total necessária (ITN) aplicada por aspersão convencional e evapotranspiração (ET_c) para a cultura do mamão, na propriedade 21.

A pastagem apresentou uma evapotranspiração entre 1,2 e 5,3 mm dia^{-1} (Figura 11), sendo que os maiores valores simulados ocorreram no plantio da data de 01-10-2005, a partir do 30º dia após o plantio, enquanto os menores valores de ET_c ocorreram para a data de plantio de 01-06-2006.

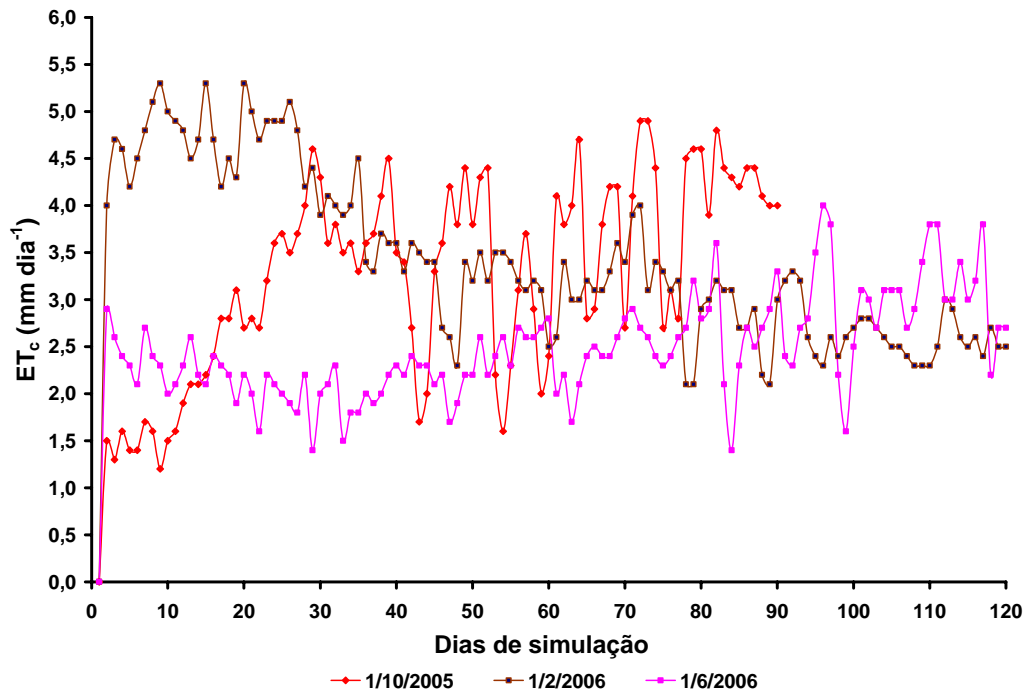


Figura 11 – Evapotranspiração (ET_c) simulada para a pastagem irrigada por aspersão convencional, na propriedade 19.

Na Figura 12 encontram-se os valores de capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P) e irrigação total necessária (ITN) por aspersão convencional para a pastagem cultivada na propriedade 19, na qual pode-se verificar que a maior ITN simulada foi de 37,4 mm para a data de 01-06-2006, associada a um déficit de 29,9 mm, em contrapartida, a frequência de irrigação foi baixa em todo o período simulado.

Para a parcela 2, da propriedade 18, ocupada por goiabeira irrigada por gotejamento, a ET_c simulada variou de 1,1 a 6,5 mm dia⁻¹. Cabe ressaltar que os coeficientes da cultura (k_c) utilizados nas simulações correspondem à goiabeira após o período de poda e em fase de produção determinados por Ferreira (2004). Os valores de ITN variaram de 3,4 a 30,0 mm (Figura 13), para um turno de rega de 3 dias.

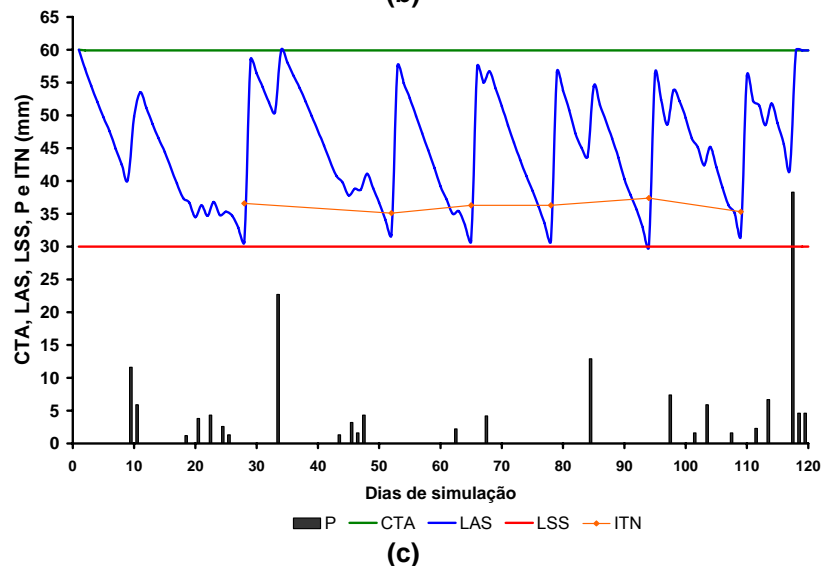
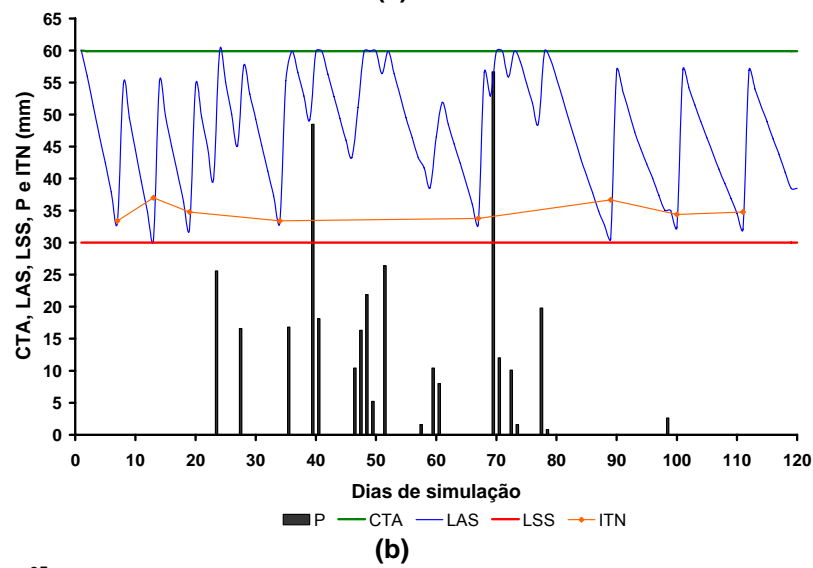
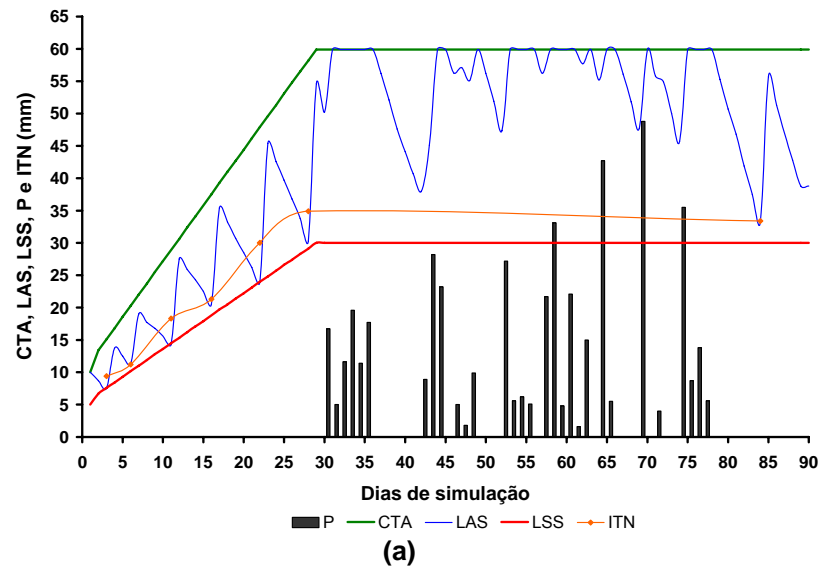


Figura 12 – Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P) e irrigação total necessária (ITN) aplicada por aspersão convencional para a pastagem, durante os plantios iniciados em 01-10-2005 (a), 01-02-2006 (b) e 01-06-2006 (c) para a pastagem, na propriedade 19.

Observa-se na Figura 13 um pico na ITN simulada no 99º dia simulado. A ocorrência de pequenas chuvas sucessivas no período anterior, e como a umidade do solo estava dentro do limite recomendado, fez com que o sistema não recomendasse irrigação até que a LAS aproximasse da LSS. Com isto, o turno de rega chegou a 9 dias fazendo com que o déficit de água no solo atingisse um valor de 27,4 mm e fosse necessária a aplicação de uma ITN de 30,0 mm no dia em questão.

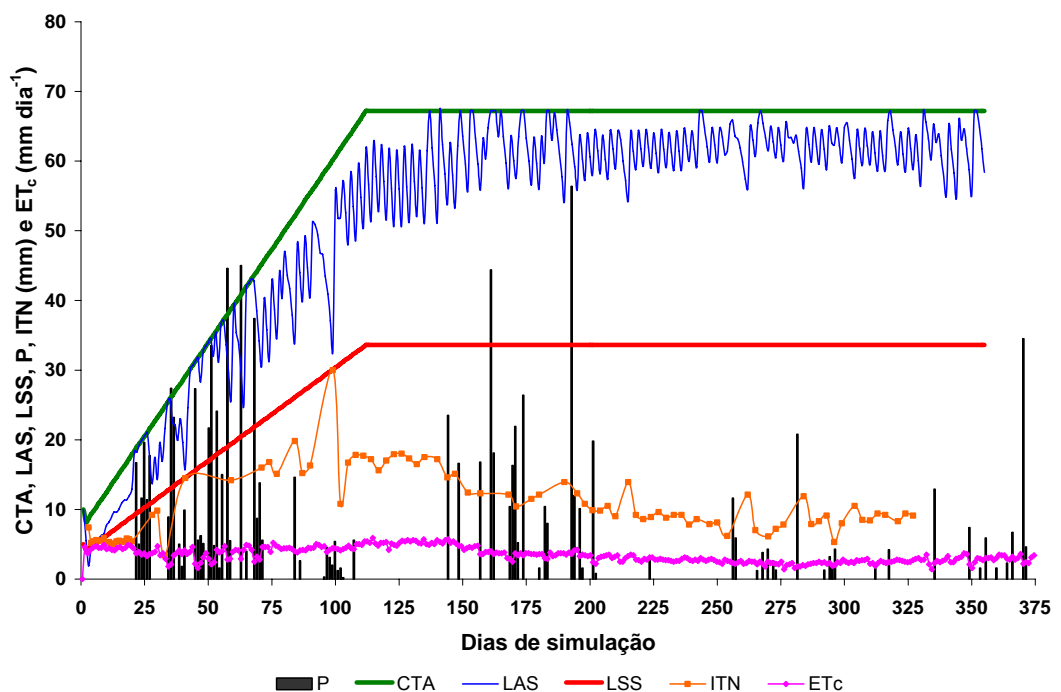


Figura 13 – Capacidade total de água no solo (CTA), lâmina de água no solo (LAS), lâmina de segurança (LSS), precipitação (P) e irrigação total necessária (ITN) aplicada por gotejamento e evapotranspiração (ET_c) para a cultura da goiaba, na parcela 2 da propriedade 18.

4.4. Balanço de água na bacia

No Quadro 10, são apresentados os valores de máxima vazão de pico (Q_{pi}), máxima vazão captada média (Q_{cm}), Q_{90} e $25\%Q_{90}$ para as seções onde existe captação de água por parte dos usuários de água referentes às propriedades cuja demanda de água refere-se ao setor agrícola.

Verifica-se que a propriedade que captou água por períodos mais longos foi propriedade 15, ocupada por cana-de-açúcar irrigada por pivô central, enquanto aquela que captou água com menor frequência foi a propriedade 19, ocupada por pastagem irrigada por aspersão convencional. Estes valores de maneira geral podem orientar na realização de uma programação de captação por parte dos usuários.

Observa-se, quanto aos valores máximos de Q_{pi} , que 51,7% dos valores simulados superam a máxima vazão outorgável para um mesmo usuário na bacia em estudo, $25\% Q_{90}$, o que indica a necessidade de acumulação dos volumes a serem captados. Caso seja considerada a captação de Q_{cm} constata-se ainda a existência de 39,5% de usuários com uma demanda de água acima de $25\%Q_{90}$.

Como apresentado anteriormente, um grande número de usuários possuem barramentos em suas propriedades. Verificou-se que 59,1% das captações de água realizadas na bacia do Córrego Jundiá são feitas em reservatórios de água, valor que se assemelha ao número de propriedades cuja demanda de água encontra-se acima de $25\%Q_{90}$.

Estes resultados mostram, portanto, a necessidade do acúmulo de água por parte dos usuários a fim de regularizar as vazões disponíveis para captação nos cursos d'água da bacia do Córrego Jundiá, por meio de reservatórios de água.

Conforme Quadro 10, a região mais próxima à região da foz da bacia, no município de Conceição da Barra, apresentou a maior concentração de propriedades que captam vazões com magnitudes baixas, pois as propriedades possuem áreas irrigadas menores do que as propriedades situadas a montante.

Quadro 10 – Valores de vazão de pico (Q_{pi}), vazão captada média (Q_{cm}), vazão de referência (Q_{90}) e vazão máxima outorgável para um mesmo usuário na seção de interesse ($25\%Q_{90}$) no ponto de captação das propriedades contempladas neste estudo

Propriedade	Q_{pi}	Q_{cm}	Q_{90}	$25\%Q_{90}$	Número de dias com captação
	$L s^{-1}$				
1	4,4	1,4	20,8	5,2	51
2	1,9	1,9	4,1	1,0	147
3	19,8	10,3	2,0	0,5	93
4	28,0	14,6	4,5	1,1	93
5	2,3	1,0	3,8	1,0	75
6	13,1	3,4	1,5	0,4	63
7	2,3	0,8	163,2	40,8	72
8	0,5	0,2	122,7	30,7	200
9	1,1	0,5	3,2	0,8	116
10	4,1	2,6	5,2	1,3	46
11	39,4	32,83	150,8	37,7	181
12	17,3	12,2	2,0	0,5	113
13 a	26,8	21,6	180,9	45,2	74
13 b	65,6	20,8	179,2	44,8	105
14	4,4	4,2	11,9	3,0	49
15	106,9	89,1	209,3	52,3	310
16	36,2	24,6	3,2	0,8	77
17	32,8	8,4	6,8	1,7	63
18	2,1	0,7	122,7	30,7	209
19	16,4	5,7	144,3	36,1	21
21	50,0	14,5	112,6	28,2	90
23	75,0	16,7	137,8	34,5	78
24	6,8	1,5	153,5	38,4	30
26	30,6	11,1	45,0	11,3	54
27	43,8	36,5	3,2	0,8	181
28	96,6	34,9	1,2	0,3	53
29	100,0	33,1	104,1	26,0	78
31	343,1	119,7	131,6	32,9	182
33	2,5	1,3	131,7	32,9	209
36	27,1	19,9	7,4	1,9	180
48	2,1	0,6	153,1	38,3	101
49	1,8	0,9	289,1	72,3	171
50	3,3	1,2	286,1	71,5	90
51	2,3	0,8	403,7	100,9	96
52	2,5	0,5	421,8	105,4	198
53	2,5	0,7	414,5	103,6	90
54	2,0	0,7	430,7	107,7	108
56	9,8	2,0	428,5	107,1	89
57	1,1	0,4	409,2	102,3	146
58	0,5	0,2	405,8	101,5	276
59	5,0	0,8	404,9	101,2	173
61	1,1	0,3	402,0	100,5	157
62	2,0	0,9	400,0	100,0	35

A propriedade 31 apresentou os maiores valores de vazão de pico, pois esta é ocupada por 350 ha de abóbora dos quais 160 ha são irrigados por pivô central e 190 ha por aspersão convencional.

Durante o período simulado, constatou-se a necessidade de irrigação complementar em todas as culturas. Tendo em vista o elevado número de propriedades, serão discutidos a seguir os resultados obtidos em duas interferências realizadas nos cursos d'água, uma localizada na região de montante da bacia (propriedade 1) e outra no médio curso do Córrego Jundiá (propriedade 13b).

Conforme apresentado nas Figuras 2 e 3, verificou-se que captação de água para a propriedade 1 encontra-se no próprio Córrego Jundiá, curso d'água principal da bacia em estudo, próximo à nascente do mesmo no município de Pinheiros. Diante disso, constata-se que a vazão captada a montante da propriedade é nula, pois não há nenhum usuário cadastrado a montante deste. Constatou-se na seção de captação a Q_{90} foi de $20,8 \text{ L s}^{-1}$ (Quadro 10) e que durante as simulações houve necessidade de captação de água, a fim de suprir a demanda hídrica da cultura do cafeeiro, por 51 dias. Para a seção em análise, a máxima vazão de pico (Q_{pi}) obtida no período de simulação foi de $4,4 \text{ L s}^{-1}$, cerca de 21% da Q_{90} .

O maior valor da vazão captada média (Q_{cm}) na propriedade 1 foi de $1,4 \text{ L s}^{-1}$, cuja ocorrência está associada à máxima Q_{pi} verificada nesta seção. Ressalta-se que a Q_{pi} foi obtida, considerando-se o manejo da irrigação adequado em todas as propriedades simuladas, com a irrigação ocorrendo somente parte do dia, e Q_{cm} foi calculada, considerando-se que a vazão de pico foi ajustada, considerando-se 24 h de funcionamento diário.

Os valores de vazão obtidos para a propriedade 1, não superaram 25% da Q_{90} ($5,2 \text{ L s}^{-1}$), valor máximo captado permitido para um único usuário pelo IEMA na análise de concessões de outorga, em nenhum momento durante as simulações na bacia do Córrego Jundiá.

Ao verificar o balanço hídrico na seção de interesse, após a inclusão da propriedade 1 como usuário de água, constata-se a possibilidade de captação de uma vazão maior que a atual, pois caso seja considerado a Q_{pi} , há uma disponibilidade hídrica de $6,0 \text{ L s}^{-1}$, enquanto que, considerado a vazão captada média esse valor sobe para $9,0 \text{ L s}^{-1}$. No entanto, não se

deve deixar de considerar a demanda a jusante da bacia, pois os usuários alocados a jusante da propriedade 1 não devem ser prejudicados e nem mesmo terem sua oferta de água comprometida por usuários que foram incorporados ao sistema posteriormente.

Com o intuito de mostrar a avaliação do efeito das captações no médio curso do Córrego Jundiá, estão apresentados no Quadro 11, os valores obtidos para a vazão de pico (Q_{pi}), vazão captada média (Q_{cm}), vazão de pico acumulada à montante da seção de interesse (Q_{pa}), vazão captada média acumulada à montante da seção de interesse (Q_{mt}), no local de interferência da propriedade 13b; localizada no município de Pinheiros, cuja área é ocupada por cafeeiro irrigado por aspersão convencional (30 ha) e pivô central (37 ha).

Durante as simulações, constatou-se que a cultura do cafeeiro existente na propriedade 13b exigiu a retirada de água nos cursos d'água por 105 dias. A vazão de pico (Q_{pi}) estimada foi de $65,3 \text{ L s}^{-1}$ (Quadro 10). Em termos de disponibilidade de água, a máxima Q_{pi} representa 36,6% da Q_{90} , já que a vazão de referência na seção em análise foi de $179,2 \text{ L s}^{-1}$.

A vazão captada média (Q_{cm}) permaneceu entre $10,9 \text{ L s}^{-1}$ e $20,8 \text{ L s}^{-1}$, o que representa 6,1% e 11,6% da Q_{90} no ponto de interferência da propriedade 13b.

Quanto à demanda acumulada à montante da propriedade 13b, observou-se a maior demanda de água no dia 08-11-2006 (Quadro 11), cujo valor foi de $418,8 \text{ L s}^{-1}$, tendo em vista que grande parte das propriedades a montante da seção em análise encontram-se captando água, o que equivale à captação de 234% da Q_{90} para a seção da propriedade 13b, sem considerar a inclusão deste último usuário. No entanto, foram observados valores máximos de vazão captada média acumulada de $181,1 \text{ L s}^{-1}$, também superior a Q_{90} .

Quadro 11 – Valores de vazão de pico (Q_{pi}), vazão captada média (Q_{cm}), vazão de pico acumulada à montante da seção de interesse (Q_{pa}), vazão captada média acumulada à montante da seção de interesse (Q_{mt}), para a propriedade 13b

Data	Q_{pi}	Q_{cm}	Q_{pa}	Q_{mt}
	(L s ⁻¹)			
01-10-2005	65,6	17,8	140,5	97,5
02-10-2005	65,6	17,9	36,2	14,1
05-10-2005	65,6	16,1	215,9	93,7
06-10-2005	65,6	16,1	148,4	112,1
09-10-2005	65,6	16,0	181,4	93,0
10-10-2005	65,6	16,1	139,0	112,9
13-10-2005	65,6	17,1	188,7	129,2
14-10-2005	65,6	17,1	248,3	84,5
17-10-2005	65,6	17,9	334,9	133,4
18-10-2005	65,6	18,2	216,5	47,2
21-10-2005	65,6	18,0	204,2	33,4
22-10-2005	65,6	17,6	231,5	156,8
25-10-2005	65,6	17,3	267,0	173,7
26-10-2005	65,6	17,4	290,9	133,7
29-10-2005	65,6	18,3	326,4	128,8
30-10-2005	65,6	18,4	295,9	112,3
08-11-2005	65,6	12,7	418,8	168,0
09-11-2005	65,6	16,1	136,0	105,5
21-11-2005	65,6	15,3	195,5	144,2
08-12-2005	65,6	12,6	416,9	168,0
13-12-2005	65,6	15,4	251,7	102,2
20-12-2005	65,6	13,6	289,7	82,6
21-12-2005	65,6	18,4	141,1	143,1
24-12-2005	65,6	18,8	194,2	99,0
25-12-2005	65,6	18,1	171,5	86,5
28-12-2005	65,6	17,6	295,5	122,1
02-1-2006	65,6	18,9	179,8	108,9
03-1-2006	65,6	18,3	268,0	94,8
06-01-2006	65,6	17,9	263,2	133,2
07-01-2006	65,6	18,3	245,7	75,5
10-01-2006	65,6	13,7	0,0	0,0
13-01-2006	65,6	12,9	152,3	21,8
16-01-2006	65,6	15,0	294,3	129,4
17-01-2006	65,6	15,5	111,0	50,0
20-01-2006	65,6	13,2	26,8	17,9
21-01-2006	65,6	13,3	134,1	89,5
24-01-2006	65,6	19,3	294,9	173,8
25-01-2006	65,6	19,6	327,6	117,2
27-01-2006	65,6	10,9	324,5	131,8
28-01-2006	65,6	20,4	335,3	151,1
31-01-2006	65,6	19,2	360,4	152,6
01-02-2006	65,6	19,4	146,4	113,1
04-02-2006	65,6	18,6	229,7	138,4
05-02-2006	65,6	17,9	289,0	140,3
08-02-2006	65,6	19,5	324,5	175,4
09-02-2006	65,6	20,4	326,8	145,7
12-02-2006	65,6	20,8	321,1	138,1

continua...

Quadro 11, Cont.

Data	Q _{pi}	Q _{cm}	(L s ⁻¹)	
			Q _{pa}	Q _{mt}
13-02-2006	65,6	20,6	185,7	117,1
16-02-2006	65,6	19,9	181,9	136,8
17-02-2006	65,6	19,4	336,8	151,9
20-02-2006	65,6	19,3	324,5	171,6
21-02-2006	65,6	19,8	335,3	151,1
27-02-2006	65,6	15,1	331,5	159,7
02-03-2006	65,6	13,9	229,9	53,1
03-03-2006	65,6	12,9	221,3	150,9
06-03-2006	65,6	17,3	256,6	158,9
07-03-2006	65,6	17,6	301,5	142,6
17-03-2006	65,6	14,3	381,2	152,6
18-03-2006	65,6	16,9	48,5	30,0
28-03-2006	65,6	13,9	326,4	128,9
29-03-2006	65,6	17,0	223,1	51,5
06-04-2006	65,6	13,6	183,0	63,4
07-04-2006	65,6	16,8	333,7	122,0
10-04-2006	65,6	14,1	259,6	116,3
24-04-2006	65,6	14,1	310,6	103,7
25-04-2006	65,6	17,2	245,1	78,6
30-04-2006	65,6	17,3	245,9	122,2
01-05-2006	65,6	16,9	135,0	27,4
06-05-2006	65,6	17,9	260,6	94,4
07-05-2006	65,6	17,5	244,0	78,7
12-05-2006	65,6	14,7	299,5	126,6
13-05-2006	65,6	15,0	152,8	51,2
18-05-2006	65,6	16,1	254,5	89,7
19-05-2006	65,6	15,8	244,5	77,0
24-05-2006	65,6	16,3	174,5	72,2
25-05-2006	65,6	16,5	273,4	95,0
30-05-2006	65,6	16,3	183,6	42,7
31-05-2006	65,6	16,2	276,0	95,7
05-06-2006	65,6	15,8	135,1	30,3
06-06-2006	65,6	15,3	215,1	104,4
17-06-2006	65,6	15,0	299,8	102,0
18-06-2006	65,6	16,9	152,3	36,4
29-06-2006	65,6	15,7	181,1	39,1
30-06-2006	65,6	15,4	91,7	49,0
11-07-2006	65,6	14,8	249,6	93,0
12-07-2006	65,6	17,2	152,3	35,4
21-07-2006	65,6	15,3	182,1	51,9
22-07-2006	65,6	15,5	225,4	131,7
27-07-2006	65,6	15,3	271,7	79,5
28-07-2006	65,6	15,6	169,4	86,1
04-08-2006	65,6	18,4	168,6	99,9
05-08-2006	65,6	18,2	221,9	59,1
12-08-2006	65,6	17,8	63,0	38,8
13-08-2006	65,6	18,0	328,8	135,8
18-08-2006	65,6	16,9	134,4	85,1

continua...

Quadro 11, Cont.

Data	Q _{pi}	Q _{cm}	Q _{pa}		Q _{mt}
			(L s ⁻¹)		
19-08-2006	65,6	17,1	168,0	49,6	
28-08-2006	65,6	16,1	209,0	104,2	
29-08-2006	65,6	16,9	318,8	123,0	
03-09-2006	65,6	18,5	228,4	72,1	
04-09-2006	65,6	18,9	312,6	140,6	
11-09-2006	65,6	16,3	66,2	60,0	
14-09-2006	65,6	17,4	111,1	53,8	
17-09-2006	65,6	15,4	160,0	100,3	
18-09-2006	65,6	12,8	328,3	149,2	
25-09-2006	65,6	19,9	290,6	133,6	

Considerando que tanto a vazão de pico quanto a vazão captada média acumuladas à montante da propriedade 13b encontram-se acima da máxima vazão a ser captada em uma mesma (50%Q₉₀), verifica-se claramente o conflito de uso da água caracterizado pela falta de disponibilidade de água.

Como foi simulada a vazão de pico e a vazão captada média em cada propriedade diariamente, foi possível verificar a demanda total de água na foz da bacia (Quadro 12). Verifica-se na foz da bacia do Córrego Jundiá uma demanda máxima de 829,8 L s⁻¹, como a Q₉₀ na foz da bacia é 433,4 L s⁻¹, percebe-se que a demanda de pico acumulada na foz cria um cenário crítico no dia 17-06-2006, cuja vazão de pico captada corresponde à 191,5% da Q₉₀ na seção de deságüe da bacia do Córrego Jundiá.

Em relação às vazões médias captadas pode-se verificar que o maior valor de Q_{cm} acumulada na foz foi de 316,5 L s⁻¹, em 04-08-2006, cerca de 73%, ainda acima de 50% da Q₉₀ na foz. Tais valores deixam claro a existência de uma demanda de água na bacia acima dos valores disponíveis para captação.

Quadro 12 - Valores de vazão de pico (Q_{pi}) e vazão captada média (Q_{cm}) acumulados na foz da bacia do Córrego Jundiá

Data	Q_{pi}	Q_{cm}	Data	Q_{pi}	Q_{cm}
	$L s^{-1}$			$L s^{-1}$	
01-10-2005	324,6	207,9	6-12-2005	217,7	170,9
02-10-2005	236,9	126,3	7-12-2005	123,2	93,0
03-10-2005	326,3	220,1	8-12-2005	630,4	277,9
04-10-2005	345,3	202,2	10-12-2005	217,7	170,9
05-10-2005	413,5	202,7	11-12-2005	113,3	91,0
06-10-2005	337,5	220,7	12-12-2005	487,6	247,8
07-10-2005	419,9	210,6	13-12-2005	440,5	209,5
08-10-2005	315,1	158,6	18-12-2005	248,9	179,7
09-10-2005	363,7	199,1	19-12-2005	313,2	179,6
10-10-2005	414,7	229,7	20-12-2005	462,7	185,3
11-10-2005	376,4	178,0	21-12-2005	433,6	270,7
12-10-2005	378,3	200,7	22-12-2005	410,3	218,7
13-10-2005	457,6	246,9	23-12-2005	474,9	245,7
14-10-2005	452,7	196,0	24-12-2005	449,7	215,9
15-10-2005	405,8	191,6	25-12-2005	389,0	202,5
16-10-2005	440,8	248,0	26-12-2005	529,6	238,0
17-10-2005	528,8	244,2	27-12-2005	329,3	190,1
18-10-2005	420,9	158,8	28-12-2005	480,3	230,3
19-10-2005	413,6	254,4	29-12-2005	106,9	89,1
20-10-2005	492,8	241,3	30-12-2005	217,7	170,9
21-10-2005	398,1	144,0	31-12-2005	118,7	91,1
22-10-2005	487,0	269,9	01-01-2006	485,8	228,0
23-10-2005	464,8	218,9	02-01-2006	441,1	227,7
24-10-2005	260,8	112,1	03-01-2006	461,9	206,5
25-10-2005	553,2	291,9	04-01-2006	415,9	224,4
26-10-2005	484,8	243,8	05-01-2006	418,2	205,3
27-10-2005	342,6	127,2	06-01-2006	471,6	246,3
28-10-2005	398,6	268,7	07-01-2006	439,6	187,0
29-10-2005	530,8	240,8	08-01-2006	449,9	257,9
30-10-2005	496,6	224,9	09-01-2006	406,5	213,7
31-10-2005	106,9	89,1	10-01-2006	172,5	102,8
01-11-2005	106,9	89,1	11-01-2006	129,0	95,1
02-11-2005	106,9	89,1	12-01-2006	305,2	200,6
03-11-2005	106,9	89,1	13-01-2006	329,6	125,2
04-11-2005	106,9	89,1	14-01-2006	246,2	127,0
05-11-2005	106,9	89,1	15-01-2006	346,4	204,3
06-11-2005	219,6	171,3	16-01-2006	479,1	235,4
07-11-2005	121,1	92,1	17-01-2006	403,5	172,1
08-11-2005	632,3	278,0	18-01-2006	456,0	271,9
09-11-2005	388,0	219,5	19-01-2006	466,5	226,9
10-11-2005	382,8	182,3	20-01-2006	274,3	125,5
11-11-2005	352,1	164,2	21-01-2006	318,9	194,2
12-11-2005	106,9	89,1	22-01-2006	463,1	217,3
15-11-2005	180,4	138,1	23-01-2006	327,7	192,8
16-11-2005	61,0	39,8	24-01-2006	508,4	289,6
17-11-2005	110,9	89,9	25-01-2006	516,4	229,1
19-11-2005	308,1	195,5	26-01-2006	448,0	268,1
20-11-2005	319,2	120,5	27-01-2006	509,3	234,0
21-11-2005	455,3	256,3	28-01-2006	552,8	269,5
26-11-2005	219,8	171,0	29-01-2006	290,4	153,2
3-12-2005	231,6	172,7	30-01-2006	411,1	244,5

continua...

Quadro 12, Cont.

Data	Q_{pi}	Q_{cm}	Data	Q_{pi}	Q_{cm}
	$L s^{-1}$			$L s^{-1}$	
31-01-2006	549,2	264,1	29-03-2006	400,1	159,0
01-02-2006	434,9	240,6	30-03-2006	348,1	208,0
02-02-2006	482,8	239,4	31-03-2006	140,1	97,4
03-02-2006	317,9	156,8	01-04-2006	106,9	89,1
04-02-2006	493,5	260,1	03-04-2006	180,6	138,3
05-02-2006	502,5	254,2	04-04-2006	358,7	164,8
06-02-2006	427,4	217,6	05-04-2006	383,0	197,7
07-02-2006	350,2	189,3	06-04-2006	374,6	169,4
08-02-2006	509,3	286,0	07-04-2006	517,5	229,9
09-02-2006	540,3	263,0	08-04-2006	408,5	235,7
10-02-2006	373,8	214,9	09-04-2006	246,2	120,7
11-02-2006	486,6	260,0	10-04-2006	453,3	223,2
12-02-2006	505,9	250,1	13-04-2006	236,4	172,7
13-02-2006	478,2	248,4	16-04-2006	241,2	175,4
14-02-2006	447,8	238,1	17-04-2006	409,0	207,6
15-02-2006	401,9	191,8	18-04-2006	235,2	148,1
16-02-2006	445,7	261,4	21-04-2006	219,8	171,2
17-02-2006	550,3	267,4	22-04-2006	326,6	138,6
18-02-2006	429,3	221,0	23-04-2006	417,6	235,5
19-02-2006	348,3	178,0	24-04-2006	502,2	210,6
20-02-2006	509,3	282,2	25-04-2006	424,2	186,7
21-02-2006	548,8	267,7	26-04-2006	393,6	196,9
22-02-2006	365,3	207,0	27-04-2006	157,8	102,6
23-02-2006	486,6	255,6	28-04-2006	342,3	198,8
24-02-2006	106,9	89,1	29-04-2006	382,7	168,7
25-02-2006	304,5	177,5	30-04-2006	423,2	229,8
26-02-2006	335,8	182,6	01-05-2006	357,1	143,7
27-02-2006	520,3	267,2	02-05-2006	385,9	222,5
28-02-2006	133,7	98,5	03-05-2006	193,4	116,6
01-03-2006	229,5	172,7	04-05-2006	491,5	248,2
02-03-2006	410,4	156,8	05-05-2006	237,2	128,8
03-03-2006	509,8	273,9	06-05-2006	444,7	204,1
04-03-2006	455,6	241,8	07-05-2006	423,1	187,0
05-03-2006	305,6	137,0	08-05-2006	318,9	173,0
06-03-2006	525,5	282,3	09-05-2006	232,5	148,4
07-03-2006	505,9	253,9	10-05-2006	259,9	159,6
08-03-2006	106,9	89,1	11-05-2006	269,5	125,0
09-03-2006	178,3	138,1	12-05-2006	478,9	232,7
10-03-2006	225,9	141,2	13-05-2006	368,8	164,3
11-03-2006	440,8	235,1	14-05-2006	419,3	222,2
12-03-2006	106,9	89,1	15-05-2006	230,9	118,7
14-03-2006	178,3	138,1	16-05-2006	379,7	178,0
15-03-2006	354,8	176,2	17-05-2006	302,6	161,6
16-03-2006	274,3	163,8	18-05-2006	433,9	196,6
17-03-2006	566,0	258,8	19-05-2006	419,7	182,3
18-03-2006	300,5	147,3	20-05-2006	318,0	136,9
23-03-2006	178,3	138,1	21-05-2006	242,0	155,6
25-03-2006	178,3	138,1	22-05-2006	288,4	149,7
26-03-2006	327,8	155,7	23-05-2006	408,8	207,9
27-03-2006	401,3	214,1	24-05-2006	357,1	179,1
28-03-2006	511,2	234,6	25-05-2006	452,9	202,5

continua...

Quadro 12, Cont.

Data	Q _{pi}	Q _{cm}	Data	Q _{pi}	Q _{cm}
	L s ⁻¹			L s ⁻¹	
26-05-2006	335,3	142,7	20-07-2006	309,7	165,8
27-05-2006	272,3	187,1	21-07-2006	255,0	69,6
28-05-2006	309,9	132,9	22-07-2006	487,3	251,3
29-05-2006	341,9	211,0	23-07-2006	612,0	217,1
30-05-2006	399,2	157,1	24-07-2006	749,2	297,8
31-05-2006	451,2	201,6	25-07-2006	584,4	217,6
01-06-2006	317,4	169,4	26-07-2006	538,7	237,2
02-06-2006	245,8	159,3	27-07-2006	821,3	280,9
03-06-2006	328,9	165,0	28-07-2006	776,4	311,2
04-06-2006	397,6	192,7	29-07-2006	265,4	151,5
05-06-2006	319,1	138,2	30-07-2006	374,0	187,0
06-06-2006	395,6	210,0	31-07-2006	273,8	137,2
07-06-2006	257,3	126,2	01-08-2006	282,0	186,5
08-06-2006	378,9	208,6	02-08-2006	47,8	8,8
09-06-2006	248,2	136,0	03-08-2006	215,3	125,1
10-06-2006	106,9	89,1	04-08-2006	692,2	316,5
11-06-2006	106,9	89,1	05-08-2006	637,5	187,2
12-06-2006	107,4	89,2	06-08-2006	685,8	290,5
13-06-2006	220,3	171,5	07-08-2006	439,7	121,0
14-06-2006	529,3	138,5	08-08-2006	532,3	229,3
15-06-2006	667,0	207,9	09-08-2006	650,1	270,4
16-06-2006	676,1	225,6	10-08-2006	248,5	148,5
17-06-2006	829,8	257,9	11-08-2006	374,3	191,7
18-06-2006	668,4	197,6	12-08-2006	322,8	162,9
19-06-2006	516,2	193,6	13-08-2006	406,1	156,9
20-06-2006	642,3	212,3	14-08-2006	278,5	123,3
21-06-2006	143,1	96,5	15-08-2006	370,5	208,9
22-06-2006	199,7	107,0	16-08-2006	546,6	231,7
24-06-2006	111,7	90,5	17-08-2006	424,4	221,7
25-06-2006	1,9	0,6	18-08-2006	382,4	201,3
26-06-2006	215,0	106,1	19-08-2006	372,4	161,9
27-06-2006	598,5	186,4	20-08-2006	348,8	202,0
28-06-2006	744,2	261,6	21-08-2006	382,7	191,5
29-06-2006	360,0	145,4	22-08-2006	264,7	170,3
30-06-2006	272,2	154,6	23-08-2006	21,6	4,7
01-07-2006	486,3	133,5	25-08-2006	107,4	89,2
02-07-2006	582,7	185,2	26-08-2006	308,4	189,7
03-07-2006	291,3	156,1	27-08-2006	177,1	45,7
05-07-2006	106,9	89,1	28-08-2006	415,0	217,5
06-07-2006	0,5	0,1	29-08-2006	499,3	230,0
07-07-2006	336,8	205,7	30-08-2006	249,7	136,9
08-07-2006	132,2	98,0	31-08-2006	263,8	151,5
09-07-2006	285,1	163,2	01-09-2006	318,8	173,2
10-07-2006	282,7	99,9	02-09-2006	353,2	212,7
11-07-2006	773,2	313,3	03-09-2006	413,2	182,4
12-07-2006	668,4	261,4	04-09-2006	514,3	254,6
13-07-2006	616,3	260,6	05-09-2006	417,2	237,1
14-07-2006	578,4	250,5	08-09-2006	195,6	145,2
15-07-2006	479,2	204,0	09-09-2006	244,5	153,7
16-07-2006	439,7	128,2	10-09-2006	284,1	96,9
17-07-2006	89,0	15,6	11-09-2006	342,9	184,5
19-07-2006	152,5	124,0	12-09-2006	100,9	22,8

continua...

Quadro 12, Cont.

Data	Q _{pi}		Data	Q _{cm}	
	L s ⁻¹			L s ⁻¹	
13-09-2006	304,4	169,6	21-09-2006	121,1	68,6
14-09-2006	288,4	162,0	22-09-2006	1,8	0,6
15-09-2006	271,7	159,5	23-09-2006	148,6	98,8
16-09-2006	187,9	72,2	24-09-2006	337,7	213,8
17-09-2006	417,3	221,5	25-09-2006	389,9	161,8
18-09-2006	503,8	252,2	28-09-2006	106,9	89,1
19-09-2006	312,2	147,1	29-09-2006	117,1	87,3
20-09-2006	267,9	157,2	30-09-2006	279,1	158,5

Em campo, os irrigantes sentem os efeitos da escassez de água na região, e realizam interferências no corpo de água, a fim de minimizá-las. Uma das soluções encontradas pelos usuários de água é a construção de barramentos que acumulam elevados volumes de água na época das chuvas e que, em períodos de estiagem, passam a alimentar os sistemas de irrigação e até mesmo a regularizar as vazões dos próprios cursos d'água, conforme diagnosticado no cadastramento dos usuários.

No entanto, neste estudo, não foi possível considerar de forma direta a existência e os benefícios advindos da construção desses barramentos, tendo em vista que seria necessário o conhecimento de informações não obtidas em campo, como o volume útil acumulado nos reservatórios.

Vale ressaltar que, nas simulações feitas, foi considerado que os irrigantes fazem o manejo de irrigação corretamente, aplicando a quantidade de água demandada pelas culturas no momento recomendado. Entretanto, muitos irrigantes não fazem o manejo adequado, aplicando água em excesso ou em déficit. Se prevalecer o déficit pode-se considerar que a vazão captada simulada seria menor que a obtida, justificando assim o porquê do conflito de uso de água na região ainda não ter sido enfatizado.

O IEMA já evidenciou problemas de disponibilidade de água e conflitos na bacia do Córrego Jundiá, mesmo havendo apenas 2 anos que a outorga foi operacionalizada. Dentre as soluções vislumbradas estão: a otimização do uso da água, principalmente do setor agrícola, e a emissão da outorga coletiva na qual se estabelece uma seção de interesse, e, à jusante desse ponto, deve-se manter a vazão estabelecida pelos critérios de outorga.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

- Os usuários de água da bacia do Córrego do Jundiá pertencem ao setor agrícola e saneamento;
- 51,7% dos usuários captam uma vazão de pico superior à vazão máxima outorgável para um único usuário;
- 39,5% dos usuários demandam uma vazão captada média superior à vazão máxima outorgável para um único usuário;
- A demanda de água máxima na foz da bacia corresponde a 195,5% da Q_{90} na foz da bacia;
- A maior vazão captada média ao longo do curso d'água representou 73% da Q_{90} ;
- Constatou-se a necessidade de regularizar a vazão dos cursos d'água com a construção de reservatórios, de usar um sistema de programação de irrigação minimizando a vazão de pico, e, até mesmo, substituir os sistemas de irrigação menos eficientes por outros mais eficientes;
- O software Perímetro mostrou-se eficiente na simulação do manejo de irrigação e das vazões demandadas e disponíveis ao longo da bacia hidrográfica.

6. RECOMENDAÇÕES

Mediante os resultados e as conclusões obtidos, são pertinentes as seguintes recomendações:

- Capacitação dos técnicos e produtores locais, focando o manejo da irrigação e o uso racional dos recursos hídricos, através do Instituto Capixaba de Pesquisa e Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) e Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos;
- Capacitação técnica dos agentes gestores no que diz respeito à gestão, monitoramento, orientação e divulgação de informações hidrológicas;
- Ampliação do número de estações fluviométricas no norte do Estado do Espírito Santo, visando o monitoramento das vazões observadas nos cursos d'água. Em especial, nas regiões de escassez hídrica, como a bacia hidrográfica do Córrego Jundiá;
- Aperfeiçoamento da rotina computacional de estimativa da vazão a ser captada pelas propriedades e de avaliação do uso da água de outros setores no software Perímetro, de modo a considerar a

influência de barramentos de água e integrar os múltiplos usuários da bacia hidrográfica;

- Estudar a viabilidade de controle do início e término do período de captação como forma de otimizar o uso dos recursos hídricos na bacia do Córrego Jundiá;
- Avaliar a demanda de água para cenários que contemplem o aumento da área irrigada, da eficiência do sistema de irrigação e a existência dos demais usuários de água;

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO - Irrigation and drainage, Paper 56, 1998. 319 p.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Relatório de atividades da ANA: exercício de 2006**. Brasília: ANA 2007a. 111 p.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Órgão federal de gestão de recursos hídricos. Brasil. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em: 17 junho 2007b.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Resolução nº 707, de 21 de dezembro de 2004**, 2004. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/Resolucoes/resolucoes2004/707-2004.pdf>>. Acesso em: 09 maio de 2007.

ASSUNÇÃO, F. N. A.; BURSZTYN, M. A. A. Conflitos pelo uso dos recursos hídricos. In: THEODORO, H. S. (Org). **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. p.53-69.

AZEVEDO, L.G.T., REGO, M, F., BALTAR, A. M., PORTO, R.. **Sistema de suporte à decisão para a outorga de direitos de uso da água no Brasil**. Brasília: Banco Mundial, 2003. 48p.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: SILVA, D.D. da; PRUSKI, F.F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA, SRH, ABEAS, UFV, 1997. cap. 5, p. 79-88.

BERNARDO, S; SOARES, A. A; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

BRASIL, Código das Águas. **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934.** Livro II.

BRASIL, Política Nacional de Recursos Hídricos. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** [S.1]: MMA/SRH, 1997.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca: PAN-Brasil - Síntese Executiva.** Brasília, Distrito Federal: MMA, 2004, 242p.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional de Recursos Hídricos - Síntese Executiva.** Brasília, Distrito Federal: MMA, 2006, 135p.

CHAMON, O. **Estudo comparativo da demanda de água e do manejo em sistemas de irrigação em lavouras de café.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2002. 135 p.

COSER, M. C. **Regionalização de vazões $Q_{7,10}$ no Estado do Espírito Santo.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2003. 100p.

COSTA, M. H. **Modelo de otimização dos recursos hídricos para irrigação, conforme a época de plantio.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Meteorologia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 1991. 111p.

COSTA, M. B. da. **Avaliação da irrigação por pivô central na cultura do café (*Coffea canephora* L.) e na cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no município de Pinheiros-ES.** 2006. 88 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2006.

CHRISTOFIDIS, D. **Irrigação no Mundo e no Brasil.** Brasília: **ABIMAQ/CSEI.** 2004. Disponível em www.pivotvalley.com.br/valley/mestre/irrig_mundo_e_brasil.pdf Acesso em: 10 agosto 2006.

DANTAS NETO, F. S. **Sistema Computacional Aplicado ao Gerenciamento da Distribuição de Água em Perímetros Irrigados.** Viçosa, MG: UFV, 2003. 115p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Espírito Santo.** Rio de Janeiro, 1978. 161p. (Boletim técnico, 45).

ESPINDULA NETO, D. **Uso racional de água e energia elétrica na cafeicultura irrigada por pivô central e gotejamento**. 2002. 88p.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

ESPÍRITO SANTO, Política Estadual de Recursos Hídricos. **Lei nº 5.818, de 29 de dezembro de 1998**. [S.1]: SEAMA/IEMA, 1998.

ESPÍRITO SANTO, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Instrução Normativa, de 18 de julho de 2007**. Altera a redação dos arts. 8º e incisos; e 9º, §§ 2º, 3º e 5º da Instrução Normativa IEMA nº 019, de 04 de outubro de 2005. Diário Oficial do Espírito Santo, Vitória, ES, 18 de junho de 2007.

FERREIRA, M. N. L. **Distribuição radicular e consumo de água de goiabeira (*Psidium guajava* L.) irrigada por microaspersão em Petrolina**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2004. 106 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FONTES, A. S., OLIVEIRA, J. I. R., MEDEIROS, Y. D. P. **A evaporação em açudes no semi-árido nordestino do Brasil e gestão de águas**. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos: Desafios à gestão da água no limiar do século XXI. Curitiba, PR: ABRH, 2003. (CD-Rom).

GAZETA. **Governo discute caso da seca no Espírito Santo**. Disponível em: http://gazetaonline.globo.com/tvgazeta/programas/estv2/estv2_materia.php?cd_matia=370223&cd_site=817. Acesso em 10 de novembro de 2007.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola de 2006**. Disponível em <http://www.ibeg.gov.br/cidadesat/default.php>. Acesso em: 05 de abril de 2007.

ITABORAHY, C. R.; SANTOS, D. G. dos; REZENDE, L. S.; PRETO, L. A. Subprojeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do São Francisco – PBHSF (2004-20013). In: ANA, GEF, PNUMA, OEA. **Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas na bacia do São Francisco**. Brasília, Distrito Federal, 2004. 102 p. (Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF – n º 12).

INCAPER – INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Sistema de Informações Agrometeorológicas**. Disponível em <http://siag.incaper.es.gov.br/index.htm>. Acesso em 20 de outubro de 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola de 2006**. Disponível em <http://www.ibeg.gov.br/cidadesat/default.php>. Acesso em: 05 de abril de 2007.

LOPES, M. E. P. A. **Avaliação do uso da água em sistemas de irrigação localizada nas culturas do café e do mamão**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal d Espírito Santo. Vitória. 2006, 148p.

MANTOVANI, E. C. Curso de gerenciamento e manejo da irrigação. In: Curso da Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior (ABEAS), Módulo 8, Brasília-DF, 1996. 75p.

MANTOVANI, E. C. **Otimização do uso da água e energia utilizando o programa IRRIGA-GESAI®**. Apostila do curso de manejo de irrigação realizado de 24 a 27 de agosto de 2004. Viçosa, MG. 2004.

MEDEIROS, S. S. de ; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, J. A. de. Avaliação do manejo de irrigação no perímetro irrigado de Pirapora, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 80-84, 2003.

MOREIRA, M.C. **Gestão de recursos hídricos: sistema integrado para otimização da outorga de uso da água**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2006, 94p.

NOVAES, L. F. **Modelo para a quantificação da disponibilidade hídrica na bacia do Paracatu**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2005. 104p.

PEREIRA, P. R. G., NETTO, O. M. C. **Suporte metodológico para outorga de uso de água: uma proposta para Bacia do Lago Descoberto (Goiás/Distrito Federal)** – In: Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste. Brasília. 2000.

PORTO, R. L. L. et al. **Técnicas quantitativas para o gerenciamento de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997. 419p.

RODRIGUEZ, R. G. **Metodologia para a estimativa das demandas e disponibilidades hídricas: estudo de caso da bacia do Paracatu**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2004. 94p.

SALIM, F. P. C. **Desenvolvimento de sistema de suporte à decisão para o gerenciamento da qualidade das águas em rios considerando múltiplas fontes de poluição pontual**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2004. 126p.

SANTOS, R. M. **A cobrança pelo uso dos recursos hídricos na agricultura irrigada: o caso da bacia do Rio São Domingos – RJ**.

Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2006. 203p.
SEAMA – Secretaria do Estado de Assuntos de Meio Ambiente. **Plano Estadual de Recursos Hídricos: Regionalização de vazões com características mensais e diárias no Espírito Santo**. Relatório Final. Vitória: ES, 1996.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G.M.; PEREIRA, I, C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas, 2001. 328 p.

SILVA, E. Curso de avaliação do impacto ambiental de projetos hidroagrícolas. In: Curso da Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior (ABEAS), Módulo 11, Brasília-DF, 1996. 93p.

SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Curso de especialização por tutoria a distância: uso racional dos recursos naturais e seus reflexos no meio ambiente – Módulo 10. **Planejamento e gestão integrados de recursos hídricos**. Brasília: ABEAS: Viçosa, MG: UFV, DEA, 2001. 89 p.

SILVA, L. M. C., MONTEIRO, R. A. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: uma das possíveis abordagens**. IN: MACHADO, C. J. S. (Org.). Gestão de águas doces. Rio de Janeiro: Interciência. 2004. cap. 5, p. 135-178.

SILVA, L. M. C., UNGARETTI, P. R. R., MONTEIRO, R. A. **SISAGUA - Sistemas de apoio ao gerenciamento de usuários da água**. In: Instrumentos de Gestão. Secretaria de Recursos Hídricos/MMA. Brasília, DF, 78p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/recursoshidricos>>. Acesso em: 22 de setembro de 2006.

TUCCI, C. E. M. Vazões médias. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. p. 125-164.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2002. 943p.

VICTORINO, V. I. P. **Luz e poder na dramática conquista do meio natural: a privatização dos rios paulistanos e a reflexividade sócio-ambiental**. São Paulo, SP: USP, 2002. 243p. Tese (Doutorado em Sociologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

VON SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243p.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro 1A - Características físico-químicas do solo Latossolo Vermelho-Escuro Eutrófico A moderado, encontrado em Pinheiros

Horizonte		Frações da amostra total			Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH)				Argila Dispersa em água	Grau de floculação (%)	%Silte/ %Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade (%)
		(%)			Areia grossa 2 – 0,20 mm	Areia fina 0,20 – 0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila > 0,002 mm				Aparente	Real	
Perfil	Profundidade (cm)	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20 – 2mm	Terra Fina < 2mm										
A1	0 – 7	0	0	100	39	11	23	27	19	30	0,85			
A3	7 – 24	0	0	100	36	8	6	50	43	14	0,12			
B1	24 – 105	0	X	100	36	8	3	55	0	100	0,06			
B2	105 – 180+	0	X	100	32	8	3	57	0	100	0,05			

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo Sortido mE/100g								Valor V (sat. de bases) (%)	100. Al ⁺⁺⁺	P assimilável
	Água	KCl 1N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	Valor T (soma)		Al ⁺⁺⁺ + S	ppm
A1	8,0	7,7	17,3	3,1	0,87	0,19	21,5	0	0	21,5	100	0	4
A3	7,0	6,3	3,6	17	0,33	0,03	5,7	0	0	5,7	100	0	2
B1	6,9	6,3	2,2	0,9	0,12	0,03	3,3	0	0,1	3,4	97	0	2
B2	6,8	5,6	0,3	1,4	0,06	0,04	1,8	0	0,3	2,1	86	0	1

Horizonte	C (orgânico)	N	C/N	Ataque por H ₂ SO ₄ d= 1,47						SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₃ /R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	FeO ₃ Livre	Equivalente de CaCO ₃
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO					
A1	3,21	0,34	9	14,7	9,2	3,5	0,85	0,12		2,72	2,19	4,12		
A3	0,76	0,10	8	21,2	18,1	4,6	0,76	0,02		1,99	1,71	6,17		
B1	0,36	0,04	9	22,6	19,2	4,8	0,81	0,02		2,01	1,75	6,27		
B21	0,17	0,02	8	25,0	21,7	51	0,86	0,02		1,96	1,70	6,70		

continua ...

Quadro 2A - Características físico-químicas do solo Argissolo Amarelo Distrófico abrupto, encontrado em Conceição da Barra

Horizonte		Frações da amostra total			Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH)				Argila Dispersa em água	Grau de floculação	%Silte/ %Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade (%)
Perfil	Profundidade (cm)	%			Areia grossa 2 – 0,20 mm	Areia fina 0,20 – 0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila > 0,002 mm						
		A11	0 – 13	0					X	100	67			8
A12	13 – 28	0	3	97	77	10	8	5	X	100	1,60			
A2	28 – 50	0	4	96	73	12	8	7	3	57	1,14			
B1	50 – 75	0	2	98	47	15	10	10	17	39	0,36			
B21	75 – 88	0	1	99	24	8	6	6	43	31	0,10			
B22	88 – 130	0	2	98	25	7	7	7	9	85	0,12			
B3	130 – 160+	0	2	98	32	8	8	8	6	88	0,15			

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo Sortido mE/100g								Valor V (sat. de bases) (%)	100. Al ⁺⁺⁺ Al ⁺⁺⁺ + S	P assimilável Ppm
	Água	KCl 1N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	Valor T (soma)			
A11	5,3	4,8	0,9		0,04	0,06	1,0	0,2	2,5	3,7	27	17	1,5
A12	5,2	4,7	0,5		0,03	0,26	0,8	0,2	2,1	3,1	26	20	1,1
A2	5,2	4,7	0,4		0,01	0,03	0,4	0,2	1,4	2,0	20	33	0,6
B1	5,2	4,5	0,8		0,02	0,05	0,9	0,3	1,6	2,8	32	25	0,3
B21	5,1	4,4	1,0	0,2	0,01	0,05	1,3	0,4	2,1	3,8	34	24	0,2
B22	4,3	4,2	0,7	0,3	0,05	0,28	1,3	0,5	1,9	3,7	35	28	0,2
B3	4,5	4,2	0,6		0,02	0,05	0,7	0,9	1,9	3,5	20	56	0,2

Horizonte	C (orgânico)	N	C/N	Ataque por H ₂ SO ₄ d= 1,47						SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₃ /R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	FeO ₃ Livre %	Equivalente de CaCO ₃ %
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO					
				%										
A11	1,20	0,08	15	3,2	4,2	0,5	0,30	0,01		1,29	1,20	13,20		
A12	0,72	0,08	9	2,6	4,0	0,6	0,33	0,01		1,10	1,00	10,45		
A2	0,31	0,05	6	3,4	4,2	0,9	0,39	0,01		1,38	1,21	7,32		
B1	0,36	0,06	6	10,7	10,8	1,8	0,52	0,01		1,68	1,52	9,41		
B21	0,38	0,05	8	24,1	21,6	4,3	1,09	0,02		1,96	1,68	7,88		
B22	0,33	0,06	6	24,0	21,4	4,3	1,10	0,02		1,90	1,69	7,80		
B3	0,23	0,03	8	21,4	19,2	3,7	0,95	0,02		1,89	1,69	8,14		

continua ...

APÊNDICE B

Formulário aplicado para o cadastramento de usuários da Bacia do Córrego Jundiá

FORMULÁRIO DE CADASTRO DE USUÁRIOS DE ÁGUA

REGISTRO GERAL			
Número do cadastro:		Data do Cadastro:	
Entrevistador:		Conferido por:	
USUÁRIO			
Nome completo:			
Nome da Comunidade:			
Endereço:			
Telefone:	Fax:	Celular:	
CEP:	Município		U.F.:
Pessoa Física ()	Pessoa Jurídica ()		
Ocupação: ()	Proprietário ()	Usufruto	
()	Arrendatário ()	Outro	
CPF/CNPJ:			
Grau de escolaridade do proprietário:			
Possui energia elétrica na propriedade?	Não ()	Sim ()	
IMÓVEL			
Descrição da propriedade			
Descrição das fotos			
Foto 1	Foto 5		
Foto 2	Foto 6		
Foto 3	Foto 7		
Foto 4	Foto 8		
ENTIDADES DE APOIO			
Possui assistência técnica?	Não ()	Sim ()	
Empresa que presta serviço:			
Possui financiamento?	Não ()	Sim ()	
Instituição Financiadora:			
O financiamento é vinculado à captação			
Participa de alguma organização de produtores?	Sim ()	Não ()	
Cooperativa ()	Associação de produtores ()		
Sindicato ()	ONG ()	Especificar:	
Outros ()	Especificar:		
CADASTRO DO PONTO DE CAPTAÇÃO SUPERFICIAL			
Tipo de fonte de suprimento			
Fio d'água ()	Reservatório ()		

Coordenadas do Ponto		Controle no GPS	
NORTE (N):		LESTE (E):	
Sistema de georreferenciamento utilizado			
Nome do curso d'água			
Possui outorga superficial	Não ()	Sim ()	
Comportamento do rio	Perene ()	Não Perene ()	
Já foi perene?	Não ()	Sim ()	
Conhece o período de que seca?	Não ()	Sim ()	
Meses que seca			
Janeiro ()	Maio ()	Setembro ()	
Fevereiro ()	Junho ()	Outubro ()	
Março ()	Julho ()	Novembro ()	
Abril ()	Agosto ()	Dezembro ()	
Dados do reservatório		Nível ()	Concreto ()
		Terra ()	Enrocamento ()
Captação	Bomba ()		
	Gravidade ()		
Adução	Canal ()		Sulco ()
	Outro ()		
Vazão de adução (m ³ /h)			
Conjunto moto-bomba			
Moto bomba			
Status	Em operação ()	Tipo	Eletricidade ()
	Reserva ()		Diesel ()
Número de Série			
Modelo		Marca	
Motor			
Marca	Tensão		
Modelo	Potência		
	Rotação (rpm)		

CADASTRO DO PONTO DE CAPTAÇÃO SUBTERRÂNEA

Identificador do Ponto			
Tipo de poço	Poço Escavado ()		Outro ()
	Poço Tubular ()		
Coordenadas do Ponto		Controle no GPS	
NORTE (N):		LESTE (E):	
Sistema de georreferenciamento utilizado			
Dados da Captação			
Profundidade (m)	()	Diâmetro (mm)	()
Tempo (h/dia)	()	Período (mês/ano)	()
Vazão Captada (m ³ /h)			
Tipo de captação	Natural ()		
	Manual ()		

Conjunto moto-bomba da captação subterrânea					
Moto bomba					
Status	Em operação	()	Tipo	Eletricidade	()
	Reserva	()		Diesel	()
Número de Série					
Modelo	Marca				
Motor					
Marca	Tensão				
Modelo	Potência				
	Rotação (rpm)				

USO DA ÁGUA					
Abastecimento humano	()		Pecuária	()	
Agricultura	()		Industrial	()	
Lazer	()		Aqüicultura	()	
Navegação	()		Geração de energia	()	

CARACTERÍSTICAS DOS USOS DA ÁGUA					
Abastecimento humano					
Fonte superficial (m ³ /h)					
Corpo receptor					
Fonte subterrânea (m ³ /h)					
Número de pessoas atendidas					
Destino do Efluente	Fossa negra	()			
	Fossa séptica	()			
	Sumidouro	()			
	Lançamento em Vala	()			
	Canalizado	()			
	Lançamento no rio	()			
Possui tratamento?	Sim	()	Não	()	
A água é suficiente?	Sim	()	Não	()	

Agricultura					
Possui irrigação?	Sim	()	Não	()	
Área irrigada:					
Motivo de não irrigar					
Não tem necessidade	()		Falta água	()	
Não compensa	()		Falta crédito	()	

Cultura irrigada	Área cultivada (ha)	Produção (t/ano)	Método de irrigação

Caso não tenha irrigação da cultura, por que não irriga?	
()	Não precisa
()	Não possui assistência técnica
()	Não tem interesse de aumentar a produtiva
()	Outro

Pecuária				
	Quantidade	Consumo (l/h)	Regime de criação	Destino Efluente
Bovinos				
Eqüinos				
Suínos				
Aves				
Outros				

Industrial				
Tipo de atividade				
Vazão captada (m ³ /h)				
Gera efluente?	Sim	()	Não	()
Possui tratamento?	Sim	()	Não	()
Tipo de tratamento				
Possui Equipamento de medição	Sim	()	Não	()
Tipo de Equipamento				
Frequência de medição				
Nome do corpo receptor				

Aqüicultura				
Local de criação				
reservatórios	()	tanques escavados	()	
açudes	()	tanques rede	()	

Outros usos				
Lazer				
Recreação	Sim	()	Não	()

Geração de energia elétrica				
Sim	()	Não	()	

Navegação				
Sim	()	Não	()	

OBSERVAÇÕES DO ENTREVISTADO				

OBSERVAÇÕES DO ENTREVISTADOR**Época de plantio**

Janeiro	()	Maio	()	Setembro	()
Fevereiro	()	Junho	()	Outubro	()
Março	()	Julho	()	Novembro	()
Abril	()	Agosto	()	Dezembro	()

Período que irriga

Janeiro	()	Maio	()	Setembro	()
Fevereiro	()	Junho	()	Outubro	()
Março	()	Julho	()	Novembro	()
Abril	()	Agosto	()	Dezembro	()

Captação Superficial

Quantidade de horas captadas (h/dia)

Quantos dias (dias/mês)

APÊNDICE C

Quadro 1C - Dados das propriedades levantadas no cadastramento dos usuários da bacia do Córrego Jundiá, abrangendo os municípios de Pinheiros e Conceição da Barra

Interferência	Propriedade	Município	Coordenadas WGS - 84		Tipo de captação	Dias com captação por semana
			Norte	Leste		
1	Propriedade 1	Pinheiros	7.965.146	371.168	reservatório	3
2	Propriedade 2	Pinheiros	7.964.133	370.820	reservatório	*
3	Propriedade 3	Pinheiros	7.959.706	369.382	reservatório	6
4	Propriedade 4	Pinheiros	7.961.408	369.649	reservatório	6
5	Propriedade 5	Pinheiros	7.958.714	369.521	reservatório	3
6	Propriedade 6	Pinheiros	7.959.716	369.261	reservatório	7
7	Propriedade 7	Pinheiros	7.959.000	379.048	reservatório	6
8	Propriedade 8	Pinheiros	7.959.377	372.955	reservatório	*
9	Propriedade 9	Pinheiros	7.961.619	369.461	reservatório	*
10	Propriedade 10	Pinheiros	7.962.933	370.102	reservatório	2
11	Propriedade 11	Pinheiros	7.958.517	376.490	reservatório	7
12	Propriedade 12	Pinheiros	7.959.707	369.381	reservatório	6
13a	Propriedade 13	Pinheiros	7.960.530	381.603	reservatório	6
13b	Propriedade 13	Pinheiros	7.960.624	382.031	reservatório	6
14	Propriedade 14	Pinheiros	7.962.803	370.840	reservatório	2
15	Propriedade 15	Pinheiros	7.961.680	385.834	reservatório	2
16	Propriedade 16	Pinheiros	7.961.619	369.461	reservatório	6
17	Propriedade 17	Pinheiros	7.961.452	370.366	reservatório	*
18	Propriedade 18	Pinheiros	7.959.382	372.955	fio d'água	*
19	Propriedade 19	Pinheiros	7.958.796	375.725	fio d'água	7
21	Propriedade 21	Pinheiros	7.959.000	379.048	fio d'água	6
23	Propriedade 23	Pinheiros	7.961.129	384.388	reservatório	2
24	Propriedade 24	Pinheiros	7.962.280	388.248	fio d'água	7
26	Propriedade 26	Pinheiros	7.961.010	371.801	reservatório	7
27	Propriedade 27	Pinheiros	7.963.930	372.267	reservatório	7
28	Propriedade 28	Pinheiros	7.963.390	373.093	reservatório	*
29	Propriedade 29	Pinheiros	7.958.517	376.490	reservatório	7

continua...

Quadro 1C, Cont.

Propriedade	Identificação do proprietário	Município	Coordenadas WGS - 84		Tipo de captação	Dias com captação por semana
			Norte	Leste		
31	Propriedade 31	Pinheiros	7.961.179	382.887	reservatório	7
33	Propriedade 33	Pinheiros	7.961.191	382.892	reservatório	4
36	Propriedade 36	Pinheiros	7.961.161	370.797	reservatório	*
48	Propriedade 48	Conceição da Barra	7.962.346	388.179	fio d'água	3
49	Propriedade 49	Conceição da Barra	7.966.587	404.126	fio d'água	1
50	Propriedade 50	Conceição da Barra	7.966.188	403.159	fio d'água	7
51	Propriedade 51	Conceição da Barra	7.965.975	401.927	fio d'água	7
52	Propriedade 52	Conceição da Barra	7.966.555	404.748	fio d'água	4
53	Propriedade 53	Conceição da Barra	7.966.211	403.149	fio d'água	1
54	Propriedade 54	Conceição da Barra	7.967.293	407.086	fio d'água	1
56	Propriedade 56	Conceição da Barra	7.967.236	406.395	fio d'água	*
57	Propriedade 57	Conceição da Barra	7.966.224	402.906	fio d'água	7
58	Propriedade 58	Conceição da Barra	7.966.060	402.269	fio d'água	3
59	Propriedade 59	Conceição da Barra	7.966.031	402.103	fio d'água	2
61	Propriedade 61	Conceição da Barra	7.966.127	401.481	fio d'água	7
62	Propriedade 62	Conceição da Barra	7.966.132	401.174	fio d'água	*

* - Não informado.