**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Diferenciação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos no setor
rural em função do custo de produção de uma cultura e a vazão
captada**

Jussálvia da Silva Pimentel

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Irrigação e
Drenagem

**Piracicaba
2012**

Jussálvia da Silva Pimentel
Engenheira Agrônoma

**Diferenciação da cobrança pelo uso de recursos hídricos no setor rural em
função do custo de produção de uma cultura e a vazão captada**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **MARCOS VINÍCIUS FOLEGATTI**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Irrigação e
Drenagem

Piracicaba
2012

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Pimentel, Jussálvia da Silva

Diferenciação da cobrança pelo uso de recursos hídricos no setor rural em função do custo de produção de uma cultura e a vazão captada / Jussálvia da Silva

Pimentel. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2012.

121 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Bacia hidrográfica 2. Coeficiente 3. Irrigação 4. Recursos hídricos
5. Setor rural 6. Uso da água I. Título

CDD 631.7
P644d

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

A minha mãe, razão maior da minha luta, que mesmo depois de muito tempo longe, me recebe como se eu a mesma menina de sempre.

A meu pai, de cuja companhia Deus nos privou tão cedo, mas nos protege de onde estiver.

A meus irmãos, Jusiânio, Judácia e Junívio, que tornaram tudo mais fácil.

Aos meus pedaços do céu, meus sobrinhos, Hiago e Heitor.

AGRADECIMENTOS

A DEUS pela razão da minha existência e sua presença em todos os momentos da minha vida.

Agradeço a minha família pelo apoio, torcida, compreensão pela minha ausência e comemoração em cada conquista. Ao meu colega Adriano Valentim Diotto que foi meu braço direito na elaboração desse trabalho.

Pela confiança creditada em mim e pela disposição em me orientar, agradeço ao professor Dr. Marcos Vinícius Folegatti. Reconheço aqui sua participação no meu amadurecimento profissional e por oportunizar novas experiências na área de recursos hídricos. Agradeço os ensinamentos, dedicação e apoio na elaboração desse trabalho.

Agradeço a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo – através do Departamento de Engenharia de Biossistemas, aos professores do programa de pós-graduação em Irrigação e Drenagem, atual Engenharia de Sistemas Agrícolas, ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Engenharia da Irrigação, pela formação adquirida e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores José Antônio Frizzone e Sérgio Duarte Coelho pelas contribuições na qualificação.

Minha gratidão às secretarias Beatriz, pelas vezes que me socorreu, Davilmar, Sandra e Ângela pela atenção e dedicação ao trabalho.

Ao meu orientador de mestrado, o Prof. Tonny José Araújo da Silva, pelo incentivo a fazer o doutorado na ESALQ e pela grande contribuição na minha formação.

Aos meus colegas de corredor Janaína, Adriano, Danilton, Cornélio, Ronaldo, Cícero, Roberto e Fábio pela convivência diária.

Agradeço a todos os colegas que compartilharam o mesmo ambiente de estudo e trabalho. Obrigada pela aprendizagem que extrapola a sala de aula e com a convivência diária.

Agradeço especialmente aos meus amigos Conan Ayade e Francisco Vilaça pela revisão deste trabalho.

Ao Instituto Federal Baiano - Campus Teixeira de Freitas, principalmente aos Diretores pela liberação das atividades de ensino para a dedicação, nesse momento de conclusão do trabalho. Aos novos colegas e amigos, que me apoiaram, na medida do possível, na finalização desta etapa.

“Cada pessoa que passa em nossa vida passa sozinha e não nos deixa só porque deixa um pouco de si e leva um pouquinho de nós. Essa é a mais bela responsabilidade da vida e a prova de que as pessoas não se encontram por acaso”.

“Charles Chaplin”

“O rio atinge seus objetivos, porque aprendeu a contornar os obstáculos”

Autor desconhecido

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
LISTA DE FIGURAS.....	15
LISTA DE TABELAS.....	17
1 INTRODUÇÃO	19
1.1 OBJETIVO.....	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1 - Aspectos legais da gestão dos recursos hídricos no Brasil.....	23
2.2 - Planejamento e gestão em recursos hídricos.....	26
2.3 - O setor agrícola no contexto dos recursos hídricos.....	29
2.3.1 - A irrigação e os impactos sobre os recursos hídricos.....	31
2.4 - Instrumentos da política nacional de recursos hídricos.....	33
2.4.1 - Planos de Recursos Hídricos.....	33
2.4.2 - Sistema de informações sobre recursos.....	34
2.4.3 - Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes.....	35
2.4.4 - Outorga de direitos de uso de recursos hídricos.....	40
2.4.5 - Cobrança.....	42
2.4.5.1 - Histórico dos aspectos legais da cobrança.....	42
2.4.5.2 - Aspectos legais da cobrança pelo uso dos recursos hídricos.....	44
2.4.5.3 - Cobrança pelo uso da água para irrigação.....	46
2.4.5.4 - Mecanismos de Cobrança.....	48
2.4.5.4.1 - Valores Unitários.....	50
2.4.5.4.2 - Bases de Cálculo e Coeficientes Ponderadores.....	52
2.4.5.4.3 Metodologia da Cobrança.....	55
2.5 - Comitês de Bacias PCJ.....	58
2.6 - Grupos de culturas agrícolas.....	61
2.7 - Custo de produção.....	64
2.8 - Custo de produção e sistema de irrigação.....	71
2.9 - Métodos de irrigação.....	74
2.9.1 - Irrigação localizada.....	76
2.9.2 - Irrigação por superfície.....	77

2.9.3 - Irrigação por aspersão.....	79
2.10 - Eficiência da irrigação.....	80
2.11 - Conservação da água no solo.....	82
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	86
3.1 - Custo de produção.....	86
3.2 - Vazão Captada.....	87
3.3 - Classe de uso do corpo d'água.....	88
3.4 - Preços Unitários Básicos – PUB.....	88
3.5 - Métodos de irrigação.....	89
3.6 - Proposta de coeficiente ponderador C2.....	89
3.7 - Avaliação dos coeficientes estimados.....	91
4 – RESULTADO E DISCUSSÃO.....	92
4.1 – Custo de produção.....	92
4.2- Vazão Captada.....	93
4.3 – Coeficiente C2.....	94
4.4 – Apresentação e avaliação do coeficiente C2.....	96
4.4.1 – Apresentação do coeficiente na forma gráfica.....	97
4.4.2 – Apresentação do coeficiente C2 na forma de tabela.....	99
4.4.3 – Apresentação do coeficiente C2 na forma de equação.....	101
4.4.4 – Aplicação nos sistemas de irrigação.....	101
4.4.4.1 – Gotejamento e microaspersão.....	102
4.4.4.2 – Pivô Central e Tubos Perfurados.....	106
4.4.4.3 – Aspersão Convencional.....	108
4.4.4.4 - Sulcos.....	110
4.4.4.5 – Inundação.....	111
4.4.5 – Coeficiente C2 proposto x Cobrança atual.....	113
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116
6 - REFERÊNCIAS.....	118

RESUMO

Diferenciação da cobrança pelo uso de recursos hídricos no setor rural em função do custo de produção de uma cultura e a vazão captada

A Lei nº 9.433/1997 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Essa estabelece instrumentos que possibilitam a sua implementação e tem como fundamentos estimular a racionalização do uso dos recursos hídricos, o entendimento da água como bem dotado de valor econômico, o uso múltiplo das águas, adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão, entre outros. A cobrança, como instrumento de gestão, tem o objetivo de reconhecer a água como bem econômico, estimular o uso racional e obter recursos para financiamento de obras prioritárias definidas nos planos de bacia de cada comitê. A agricultura apresenta-se como o maior usuário, com cerca de 70% da demanda de água captada no Brasil, isso ocorre devido ao uso da irrigação. O setor rural é responsável pela produção de alimentos e sabe-se da baixa rentabilidade e das variações de custo de produção e preço dos produtos, em função de características climáticas e mercadológicas inerentes ao setor. Com isso, o trabalho propõe um coeficiente para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos no setor rural que incorpora o custo de produção de culturas agrícolas e relaciona a vazão captada de água, limitando o valor a ser pago em 2% do custo de produção. Para a determinação do coeficiente foram utilizados os dados de vazão captada obtidos das outorgas emitidas pela ANA entre os anos de 2003 e 2011, expressos em $\text{m}^3 (\text{ha ano})^{-1}$ e os dados dos custos de produção obtidos do Agrianual 2011, expressos em R\$ $(\text{ha ano})^{-1}$. Nos dados foram aplicados na equação do cálculo da cobrança pelo uso dos recursos hídricos nas Bacias PCJ de acordo com Resolução CNRH nº 52/2005. Os coeficientes foram determinados para 5 intervalos de classes de vazão captada e custos de produção. Foi obtida uma equação que estima o coeficiente a partir das variáveis de vazão e custo. Esses coeficientes foram avaliados através de aplicação para os diferentes sistemas de irrigação considerando a eficiência de aplicação de água de acordo com Resolução ANA nº 707/2004. Os valores a serem pagos são maiores para os sistemas menos eficientes, para o gotejamento foi de 30 R\$ $(\text{ha ano})^{-1}$ considerando uma vazão captada de $9.000 \text{ m}^3 (\text{ha ano})^{-1}$ e custo de produção de 9.000 R\$ $(\text{ha ano})^{-1}$ e para inundação pode chegar a 500 R\$ $(\text{ha ano})^{-1}$, sendo que na metodologia atual o valor pago é de 12,60 R\$ ano^{-1} e 85,50 R\$ ano^{-1} , respectivamente para os sistemas citados. A metodologia proposta é simples para facilitar compreensão e aplicação do coeficiente, mas deve permitir que se alcance o objetivo da cobrança que é racionalização uso da água, principalmente no setor rural por ser um dos maiores usuários.

Palavras-chave: Coeficiente; Irrigação; Bacia Hidrográfica; Uso da água

ABSTRACT

Differentiation of charging for the use of water resources in rural areas due to the cost of crop production and water drawn flow

The 9.433/1997 Law has established the National Water Resources Policy and creates the National Water Resources Management System. This provides tools that enable its implementation and it is based on to encourage the rational use of water resources, the understanding of water as a good with economic value, the multiple use of water, adoption of the watershed as a management unit, among others. The collection, as a management tool, aims to recognize water as an economic good, stimulating its rational use and obtain resources to finance priority projects defined in the watershed plans of each committee. Agriculture presents itself as the largest water user, with about 70% of drawn water demand in Brazil, due to the use of irrigation. The rural sector is responsible for food production and it is known from its low profitability and changes in production costs and product prices, depending on weather and market characteristics inherent to the sector. This paper proposes a coefficient for charging the use of water resources in the rural sector that incorporates the cost of crop production and relates the flow of drawn water, limiting the amount to be paid to 2% of the production cost. To determine the coefficient it was used data obtained from the drawn flow by ANA water rights issued between the years 2003 and 2011, expressed in $\text{m}^3 (\text{ha year})^{-1}$ and production costs data obtained from Agrianual 2011, expressed in $\text{R\$} (\text{ha year})^{-1}$. The data was applied in the equation to calculate the charge for the use of water resources in the Piracicaba, Capivari e Jundiá rivers watershed according to the National Water Resources Resolution nº 52/2005. The coefficients were determined for five classes of drawn water flow intervals and production costs. It was obtained an equation that estimates the coefficient from the drawn flow and cost variables. This coefficient was evaluated through application to different systems considering their efficiency of water application according to ANA Resolution nº 707/2004. The amount to be paid is higher for less efficient systems, for the drip irrigation it was 30 $\text{R\$} (\text{ha year})^{-1}$ considering a drawn flow of $9,000 \text{ m}^3 (\text{ha year})^{-1}$ and production cost of $9,000 \text{ R\$} (\text{ha year})^{-1}$ and for flood system could reach 500 $\text{R\$} (\text{ha year})^{-1}$, while the current methodology the amount paid is 12.60 $\text{R\$ year}^{-1}$ and 85.50 $\text{R\$ year}^{-1}$, respectively for the systems mentioned. The proposed methodology is simple to facilitate the understanding and application of the coefficient, but should allow us to reach the goal of charging which is rationalization of water use, especially in the rural sector as one of the biggest users.

Keywords: Coefficient; Irrigation, Watershed, Water Use

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área irrigada pelos diferentes sistemas de irrigação por regiões brasileiras.....	75
Figura 2 - Superfície de resposta relacionando os valores do coeficiente C2 com a vazão captada(Q) e custo de produção (C).....	95
Figura 3 - Coeficiente estimado em função da vazão captada e custo de produção para uso na cobrança.....	98
Figura 4 - Valor a ser pago pelo uso da água nos diferentes sistemas de irrigação com 2 custos de produção (3.000 e 9.000 R\$ (ha ano) ⁻¹) e vazão (9.000 m ³ (ha ano) ⁻¹).....	102
Figura 5 - Valores a serem pagos pela água utilizada no sistema de irrigação por gotejamento, em função do custo de produção e vazão captada.....	103
Figura 6 - Valores a serem pagos pela água utilizada no sistema de irrigação por microaspersão, em função do custo de produção e vazão captada.....	105
Figura 7 – Valores a serem pagos pela água utilizada no sistema de irrigação por pivô ou tubos perfurados, em função do custo de produção e vazão captada.....	107
Figura 8 - Valores a serem pagos pela água utilizada no sistema de irrigação por aspersão convencional, em função do custo de produção e vazão captada.....	108
Figura 9 – Valores a ser pagos pela água utilizada pelo sistema de irrigação por sulcos, em função do custo de produção e vazão captada.....	110
Figura 10 – Valores a serem pagos pela utilizada da água pelo sistema de irrigação por inundação, em função do custo de produção e vazão captada.....	111
Figura 11 - Valores a serem pagos pela água utilizada pela irrigação por meio da cobrança atual (Cob) e da cobrança proposta (CobC2) para os diferentes sistemas de irrigação.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de " $K_{\text{cap classe}}$ " em função classe de uso do corpo d'água.....	38
Tabela 2 - Preços Unitários Básicos para a cobrança nas Bacias PCJ.....	50
Tabela 3 - Coeficientes ponderadores (CP), características, classificação e valores dos critérios para a definição dos valores de cobrança.....	55
Tabela 4 - K_{consumo} referentes à eficiência de cada sistema da irrigação.....	57
Tabela 5 - K_t adotado para cada tecnologia da irrigação.....	58
Tabela 6 - Diferenciação dos grupos de culturas agrícolas.....	63
Tabela 7 - Itens que compõem o custo de produção, segunda a CONAB.....	69
Tabela 8 – Descrição dos itens do custo de produção total, segundo Agrianual.....	70
Tabela 9 – Métodos e sistemas de irrigação, custo inicial (R\$ ha ⁻¹) e manutenção (% do custo inicial).....	72
Tabela 10 – Custos de produção médios, em R\$ (ha ano) ⁻¹ , dos grupos de culturas agrícolas.....	92
Tabela 11 – Distribuição de frequência (%) dos intervalos da vazão captada, em m ³ (ha ano) ⁻¹	93
Tabela 12 - Coeficientes de uso de água adotados na estimativa da demanda para uso agrícola.....	94
Tabela 13 - Valores do coeficiente C2 determinados a partir do custo de produção e vazão captada.....	94
Tabela 14 - Coeficiente de estimado em função da vazão captada e custo de produção.....	99

1 INTRODUÇÃO

Os rios desempenharam papel importante no processo de ocupação territorial brasileiro, principalmente no estabelecimento e permanência das atividades produtivas, mas a concentração da população urbana ainda está em zona litorânea, demandando cada vez mais recursos hídricos em qualidade e quantidade para saneamento básico e produção de alimentos.

Sabe-se que a disponibilidade dos recursos hídricos é abundante no Brasil, mas a sua distribuição é irregular ao longo do território e em muitas regiões a precipitação é concentrada na estação chuvosa, reduzindo a disponibilidade deste recurso.

O principal desafio é garantir uma gestão sustentável dos recursos hídricos, de modo a manter o seu fornecimento adequado para uso humano, produção agrícola e suporte dos ecossistemas aquáticos e outros. Isto implica na redução das perdas, utilizando tecnologias mais eficientes, aumento do reuso e aplicação de abordagem integrada para a gestão dos recursos hídricos por bacia hidrográfica.

A legislação brasileira, por meio da Lei nº 9.433/1997, regulamenta o uso dos recursos hídricos e inova no cenário nacional à medida que propõe aos usuários discutir sobre seus usos. Essa, institui instrumentos que possibilitam a sua implementação e tem como fundamentos estimular a racionalização do uso dos recursos hídricos, o entendimento da água como bem dotado de valor econômico, a gestão proporcionando o uso múltiplo das águas, adoção a bacia hidrográfica como unidade de gestão, entre outros.

O setor rural como um dos grandes usuários da água e pela importância que apresenta na balança comercial brasileira tem seu papel de destaque. Nesse sentido, a gestão da área tida como “produtora de água” é fundamental já que é por meio dela, na qual ocorre à infiltração da água no solo e com uso de técnicas apropriadas aplicadas as práticas agrícolas, possibilitam a conservação da água no solo, contudo sua má condução pode provocar contaminação dos lençóis freáticos com uso de produtos químicos.

Um diagnóstico e levantamento de dados sobre a agricultura, principalmente a irrigada é ferramenta básica para o planejamento dos usos dos recursos hídricos, tais como vazões outorgadas, área irrigada, sistemas mais utilizados em determinada bacia, as culturas agrícolas predominantes, entre outros. Essa

caracterização permite, aos gestores, propor um plano de uso e preservação dos recursos naturais com reduzido impactos nas atividades agrícolas.

Os produtos da agricultura sofrem grandes variações de preços, dificuldades de comercialização na safra, crédito muitas vezes problemáticos, perecibilidade dos produtos, além da própria complexidade da produção devido ao local, tempo, espaço, clima, meio ambiente, solo, entre outros. Estes são agravantes que dificultam a produção e comercialização dos produtos agrícolas.

O setor rural apresenta baixa capacidade de pagamento em função das características inerentes à comercialização dos produtos agrícolas como a sazonalidade, forte dependência das condições climáticas, entre outros fatores, ocorrendo uma diferenciação quanto aos demais, o qual paga apenas 10% do valor da água em relação aos setores de abastecimento e indústria. Nas Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Bacias PCJ) foi estabelecido pelo Comitê de Bacias PCJ que o valor pago pela água não deve ultrapassar 2% dos custos de produção, mas isso deve ser definido para cada bacia hidrográfica.

Com o objetivo de estimular o uso racional, áreas irrigadas que adotam sistemas mais eficientes de aplicação de água, e com isso captam menores vazões devem pagar menos, quando se compara aos demais sistemas. Também quando ocorrer adequadamente a substituição ou a manutenção de sistemas de irrigação, com manejo adequado da água nas culturas e redução da captação, os valores pagos devem ser reduzidos.

Neste trabalho discute-se a diferenciação dos grupos de culturas agrícolas em função dos custos de produção, para ponderação da cobrança pelo uso da água no setor rural. Pois, segundo a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 48/2005 os Comitês de Bacia Hidrográfica poderão instituir mecanismos de incentivo e redução do valor a ser cobrado pelo uso dos recursos hídricos, em razão de investimentos voluntários para ações de melhoria da qualidade, da quantidade de água e do regime fluvial, que resultem em sustentabilidade ambiental da bacia e que tenham sido aprovados pelo respectivo Comitê.

No mecanismo para a definição dos valores de cobrança, a fixação dos valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos para a derivação, captação e extração devem ser observados aspectos relativos às práticas de racionalização, conservação, recuperação e manejo do solo e da água; condições técnicas, econômicas, sociais e ambientais existentes e a sustentabilidade econômica da

cobrança por parte dos segmentos usuários (Resolução CNRH nº 48/2005). Esses critérios foram considerados na determinação do coeficiente que pondera o uso eficiente da água no setor, os custos de produção agrícola e a vazão captada para a definição do valor final da cobrança.

Dentro das ações do planejamento da Agência Nacional de Águas (ANA) está o aprimoramento das metodologias existentes de cobrança, sendo uma delas a proposta de metodologias para o aperfeiçoamento da cobrança pelo uso de recursos hídricos pelo setor rural.

1.1 - OBJETIVO

O trabalho propõe um coeficiente ponderador para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos no setor rural que incorpora o custo de produção de uma cultura e a vazão captada de água, limitando o valor a ser pago em 2% do custo de produção.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Aspectos Legais da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil

Um dos desafios do planeta no Século 21 é assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos hídricos, como condição essencial para a cidadania plena, a qualidade de vida, a redução da pobreza e um modelo de desenvolvimento que considere os direitos das atuais e futuras gerações a um ambiente limpo e saudável.

De acordo com estudo da ANA (2009), o Brasil tem 12,5% das reservas de água doce do planeta, mas a distribuição no território é desigual, ocorre uma disparidade na distribuição da população e dos recursos hídricos no país. As regiões Norte e Centro-oeste concentram 84% dos recursos hídricos e apenas 13% da população, enquanto que na região Sul, Sudeste e Nordeste, dispõem de apenas 16% dos recursos hídricos para 87% da população brasileira. Associado a isso, o crescimento populacional, de forma concomitante com a acelerada urbanização, contribui para incrementar os desafios relacionados à distribuição equitativa da água para o abastecimento público.

O país tem realizado avanços importantes em relação à política de recursos hídricos. Partindo-se da década de 30, marcada pelo centralismo e burocracia do Estado e evoluindo-se nas décadas seguintes para um modelo essencialmente pautado pela supremacia do setor elétrico, principalmente durante o período de vigência do Código das Águas, estabelecido em 1934. A gestão de recursos hídricos no Brasil progrediu, a partir da promulgação da Constituição Federal em 1988, para um paradigma caracterizado pela inserção da perspectiva ambiental e baseado em um modelo “sistêmico” de governança e princípios modernos de gestão, tais como: interdisciplinariedade, multissetorialidade, integração, descentralização e participação.

Em âmbito mundial, segundo a ANA (2012), os problemas relacionados à disponibilidade de água para a humanidade foi apontada na Conferência Internacional de Água e Meio Ambiente realizada em Dublin (Irlanda) em 1992, quando representantes de países, organismos internacionais, intergovernamentais e não governamentais reuniram-se e diagnosticaram que a situação futura dos recursos hídricos era crítica. Naquela ocasião, foram estabelecidos quatro princípios para a gestão sustentável da água: I) a água doce é um recurso finito e vulnerável,

essencial à manutenção da vida, o desenvolvimento e o meio ambiente; II) seu gerenciamento deve ser baseado na participação dos usuários, dos planejadores e dos formuladores de políticas, em todos os níveis; III) as mulheres desempenham papel essencial na provisão, no gerenciamento e na proteção da água e IV) o reconhecimento do valor econômico da água.

Em seguida, os princípios de Dublin sobre a água foram referendados na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - ECO 92, realizada no Rio de Janeiro em 1992, quando líderes mundiais reunidos foram incentivados a adotar as recomendações de Dublin em programas urgentes de ação. Entre os vários documentos produzidos na ECO - 92, o de maior importância foi a Agenda 21, instrumento programático que apresenta um plano de ação para alcançar os objetivos do desenvolvimento sustentável. Na Agenda 21, a questão dos recursos hídricos é tratada especificamente no capítulo 18, no qual são propostos sete programas de ações referentes às águas doces, sendo eles: Desenvolvimento e Manejo Integrado dos Recursos Hídricos; Avaliação dos Recursos Hídricos; Proteção dos Recursos Hídricos, da Qualidade da Água e dos Ecossistemas Aquáticos; Abastecimento de Água Potável e Saneamento; Água e Desenvolvimento Urbano Sustentável; Água para Produção Sustentável de Alimentos e Desenvolvimento Rural Sustentável e Impacto da Mudança do Clima sobre os Recursos Hídricos.

Nesse contexto, refletindo as recomendações citadas e visando a regulamentação do inciso XIX do Artigo 21 da Constituição Federal de 1988, foram instituídas a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) por meio da Lei nº 9.433/1997. Esta política, segundo ANA (2012), demonstra a importância da água e reforça seu reconhecimento como elemento indispensável a todos os ecossistemas terrestres, como bem dotado de valor econômico, além de estabelecer que sua gestão deve ser estruturada de forma integrada, com necessidade da efetiva participação social.

A Política Nacional de Recursos Hídricos é reflexo do novo ordenamento jurídico e institucional formulado no contexto do processo de redemocratização do Brasil, que tem a Constituição Federal de 1988, como marco referencial. A política representa, ao mesmo tempo, uma clara resposta da inquietação da sociedade brasileira com relação ao processo de degradação de um dos principais patrimônios do país, que são as suas águas (ANA, 2009).

De acordo com ANA (2012), a Lei nº 9.433/1997, por seu processo de construção e por seu conteúdo, constitui-se em um marco de significativa importância para a construção de um estilo de desenvolvimento sustentável no Brasil. Por seu caráter inovador, constitui-se em uma das mais modernas e arrojadas propostas de gestão pública de nosso País e representando um marco histórico para a implementação do sistema de gestão dos recursos hídricos integrada e participativa no Brasil.

Com a sanção da Lei nº 9.433/1997, os estados passaram a priorizar a instituição de suas políticas de recursos hídricos, tendo como referência a legislação federal. Alguns estados, segundo ANA (2012), onde a pressão e os conflitos pelos recursos hídricos eram mais críticos quer seja por restrições quantitativas e/ou por qualitativas, já haviam instituído suas políticas estaduais de recursos hídricos, como foi o caso de São Paulo (1991), Ceará (1992), Distrito Federal (1993), Minas Gerais (1994), Santa Catarina (1994), Rio Grande do Sul (1994), Sergipe (1995), Bahia (1995), Rio Grande do Norte (1996) e Paraíba (1996). Alguns estados revogaram suas leis e sancionaram outras, como é o caso de Minas Gerais e do Distrito Federal, procurando adequar-se à Lei e consoante com o previsto na Constituição Federal de 1988.

Nos anos subsequentes à Lei, o processo de instituição das políticas estaduais de recursos hídricos foi impulsionado, assim, atualmente todas as Unidades da Federação Brasileira possuem suas leis de recursos hídricos.

No que concerne aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERHs), destaca-se a criação em 1987, pelo governo paulista, por meio do Decreto nº 27.576/1987, do primeiro CERH, composto exclusivamente por órgãos e entidades do estado, para propor a política relativa aos recursos hídricos e estruturar um Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SIGRH), assim como para elaborar o Plano Estadual de Recursos Hídricos. No mesmo ano, foi criado por meio do Decreto nº 26.961/1987 o CERH de Minas Gerais. Com a sanção da Lei nº 9.433/1997, a instalação dos CERHs foi impulsionada. Atualmente, apenas o estado do Acre ainda não possui instalado seu CERH, no entanto, tem um Conselho de Meio Ambiente, com uma Câmara Técnica de Recursos Hídricos, fórum de discussão do tema.

2.2 - Planejamento e Gestão em Recursos Hídricos

Segundo Colliard (1968 apud GRANZIERA, 2006), a definição de bacia hidrográfica aparece todas as vezes que um tratado, em vez de se limitar a um único rio, visa também seus afluentes. No tratado assinado em Viena, em 1616, entre a Turquia e a Áustria, relativo ao direito de navegação sobre o rio Danúbio e sobre outros rios; outro tratado de 1618, entre a Polônia e Brandemburgo, previa a navegação sobre o rio Oder e sobre seus afluentes, segundo a autora, esse último tratado constitui, provavelmente, a primeira amostra de uma teoria de bacia hidrográfica, ainda que se tratasse mais de uma simples enumeração de rios do que propriamente uma teoria.

A noção mais moderna de bacia hidrográfica a que se denomina “bacia integrada” foi introduzida nos trabalhos da Internacional Law Association, em Dubrovnik, em 1956, na preparação de uma reunião realizada em Nova York, em 1958. Nos termos dos princípios de Dubrovnik, estabelece-se que, na medida do possível, os estados ribeirinhos devem cooperar, visando assegurar a exploração completa dos recursos hídricos e, para essa finalidade, considerar a bacia como um todo a integrar e, não negligenciar qualquer utilização possível da água, de maneira que todos os interessados tirem o máximo proveito (GRANZIERA, 2006).

Mencionando a Conferência de Caracas, promovido pela Associação Internacional de Direito de Águas, em 1976, que recomenda a adoção dos seguintes princípios fundamentais, na elaboração de legislação básica relativa às águas: centralizar o planejamento no âmbito das bacias ou regiões hidrográficas de gestão das águas e delegar os aspectos executivos às entidades públicas e privadas responsáveis pelos diversos usos; adotar a bacia hidrográfica como unidade de gestão dos recursos hídricos, sem prejuízo da existência de unidades políticas-geográficas de gestão (relacionada, por exemplo, com o desenvolvimento econômico) mais ampla, coincidentes ou não com as bacias hidrográficas.

A Lei nº 9.433/1997 dispõe, em seu Artigo 1º, que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implantação da Política Nacional dos Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional do Gerenciamento de Recursos Hídricos, posicionamento adotado nas leis estaduais sobre política e gerenciamento de recursos hídricos.

Os instrumentos de gestão, instituídos na Lei, são mecanismos utilizados para alcançar o controle e coordenação, sendo classificado em dois grupos: um relativo aos instrumentos de planejamento (o plano de bacia e o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes e o sistema de informação sobre recursos hídricos) e o outro relativo ao instrumento direto de controle do uso que consistem na outorga e indiretamente a cobrança (instrumento econômico).

Dentre os instrumentos de planejamento de recursos hídricos previstos na Lei 9.433/1997, os planos de recursos hídricos são norteadores nas tomadas de decisão e servem de indicadores quanto o planejamento do uso dos recursos hídricos.

Segundo ANA (2012) o “Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH): Prioridades 2012-2015” aprovado pelo CNRH em 2011 serviu de base para elaboração do Plano Plurianual (PPA) do governo federal do próximo quadriênio, definindo uma agenda transversal da água. Nele são apresentadas as 22 ações prioritárias para os próximos quatro anos, distribuídas em quatro categorias estratégicas: Implementação da Política; Desenvolvimento Institucional; Articulação Institucional e Gerenciamento da Implementação do PNRH.

No que diz respeito aos Planos de Bacias Interestaduais, até dezembro de 2011, os planos de bacias da margem direita do Amazonas, do Tocantins Araguaia, do São Francisco, do Doce, do Verde Grande, do Paraíba do Sul e do PCJ estavam elaborados, o da Bacia do Paranaíba estava em elaboração e do Piranhas-Açu se encontrava em processo de contratação.

A situação dos Planos Estaduais de Recursos Hídricos, no período 2010-2011, era: 17 planos elaborados, 2 em início da elaboração dos estudos e 7 ainda não possuíam o plano estadual. Quanto aos planos de bacia em Unidades Estaduais, 96 planos de recursos hídricos estavam concluídos pelas Unidades da Federação até dezembro de 2011(ANA, 2012).

Com relação ao instrumento do enquadramento dos corpos d'água, segundo classes de uso, no ano de 2011, destacam-se as ações relativas nos estados do Espírito Santo, Bahia, Pernambuco, Minas Gerais e São Paulo, além das ações da ANA nas bacias de domínio da União. Com relação às bases legais, em maio de 2011, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) publicou a Resolução nº 430, que estabelece os padrões de emissão de efluentes, tratando das condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos d'água receptores, alterando parcialmente a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Para descrever o andamento do processo de implementação da outorga de direito de uso recursos hídricos no Brasil, foram consolidados dados de outorgas preventivas e de direito de uso de domínio da União, dos estados e do Distrito Federal. Como cada estado adota diferente classificação para as finalidades do uso e unidades de vazão, os dados adotados são as captações e usos não consuntivos, agrupadas de acordo com as seguintes finalidades de uso: abastecimento público, indústria, irrigação e outros. O número total de outorgas emitidas pela ANA (ANA, 2012), durante o período compreendido entre dezembro de 2004 e julho de 2011, foi 189.966 e a soma das vazões máximas outorgadas foi de $6.864,57 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

A cobrança pelo uso de recursos hídricos é um indicador do estágio da implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, na medida em que sua implantação em uma bacia hidrográfica decorre da concretização de outros instrumentos de gestão. De acordo com ANA (2012), a cobrança foi implantada nas bacias hidrográficas do Rio Doce, do Rio Paraíba do Sul, PCJ e do Rio São Francisco nos rios de domínio da União. No âmbito dos rios de domínio dos estados, a cobrança já está implementada: em todas as bacias do estado do Rio de Janeiro; em São Paulo, nas Bacias PCJ, Paraíba do Sul e Sorocaba – Médio Tietê; em Minas Gerais, na Bacia PJ – porção mineira das Bacias PCJ, do Rio das Velhas e do Rio Araguari.

Os valores arrecadados pela cobrança em rios de domínio da União e dos estados no ano de 2011, segundo ANA (2012), na Bacia do Rio Paraíba do Sul foi de R\$ 34.735,00 nos rios das Bacias do PCJ foi de R\$ 33.406,00 e na Bacia do Rio São Francisco foi de R\$ 28.155,00.

O quinto instrumento da Lei, Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) é composto por cinco subsistemas integrados e interdependentes, com vista a permitir o atendimento à sociedade em geral no que tange às demandas por informações sobre recursos hídricos. As principais ações do SNIRH no ano de 2011 são divididas em subsistemas, sendo eles: Dados Qualitativos; Regulação de Usos; Planejamento e Gestão; Inteligência Geográfica e Infraestrutura Computacional.

O planejamento do uso dos recursos hídricos passa pelo conhecimento da realidade local por meio do sistema de informação, enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, elaborando suas ofertas e demandas para, a partir disso, o tomador de decisão optar por liberar a outorga do

direito de uso, dando subsídio para a implementação da cobrança. Os instrumentos devem sustentar informações qualitativas e quantitativas, de forma coordenada, como um todo no Sistema Nacional de Recursos Hídricos, servindo como banco de informações, para o planejamento integrado dos recursos hídricos.

2.3– O setor rural no Contexto dos Recursos Hídricos

Com o crescimento econômico e populacional ocorre à intensificação do uso dos recursos naturais, dessa forma menos se respeita o ciclo natural da água e, em consequência, promove-se a degradação dos recursos hídricos tornando-se impróprio para consumo. Fica explícito que, se mantendo os atuais níveis de consumo e de degradação da água esse recurso, antes abundante, passará a escasso e, se tornando escasso, a sociedade terá que optar entre continuar a caracterizá-la como um bem comum, do qual todos têm acesso sem ter que recorrer a nenhuma forma de pagamento, ou, ao contrário, passará a valorá-lo tornando-o um bem econômico, onde o mercado fica responsável por satisfazer a demanda.

As consequências desse processo inadequado de crescimento foram as alterações nas características do meio natural, pois a ocupação do ambiente natural ocorre, geralmente, com a remoção da cobertura vegetal. O desmatamento, quando feito de forma inadequada resulta em vários impactos ambientais, tais como modificações climáticas, danos à flora e fauna, descobrimento do solo e remoção da camada fértil, assoreamento dos recursos hídricos, aumento do escoamento superficial da água, redução das infiltrações e erosão.

O setor rural contribui diretamente nesse processo de degradação com adoção de práticas inadequadas de cultivos, por meio de mau uso do solo e dos recursos hídricos. Como o setor é um dos grandes consumidores de água, devido à utilização dos sistemas de irrigação, esse posicionamento deve ser revisto, na tentativa de reduzir os impactos decorrentes dessa atividade quando mal manejada.

Estima-se que a área irrigada no Planeta ocupe cerca de 17% de toda terra arável e é responsável pela produção de mais de 40% de todo alimento consumido, ou seja, a área irrigada mundialmente equivale a quase 2,5 vezes a produção de alimentos das áreas de sequeiro. No Brasil, cada hectare irrigado equivale a 3 ha de sequeiro em produtividade física e a 7 ha em produtividade econômica (ANA, 2004).

De acordo com ANA (2011), em uma estimativa das demandas por tipo de uso consuntivo de recursos hídricos em 2010, a maior soma da vazão de retirada foi para fins de irrigação, $1.270 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, o que corresponde a 54% do total, seguida do uso para abastecimento humano urbano, cuja vazão de retirada foi de $522 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Com relação à vazão efetivamente consumida, que representa 51% da vazão de retirada, 72% correspondem à demanda de irrigação, seguida de dessedentação animal (11%), abastecimento urbano (9%), abastecimento industrial (7%) e abastecimento rural (1%).

De acordo com ANA (2009), o potencial de solos para o desenvolvimento sustentável da irrigação do país pode alcançar cerca de 30 milhões de hectares, mas somente uma pequena parcela é explorada. Assim, o Brasil ocupa a posição de 16º em nível mundial, com pouco mais de 1% da área total irrigada no mundo, que é de 277 milhões de hectares em 2002. É um dos países de menor relação “área irrigada” / “área irrigável” (cerca de 10%), além de exibir baixíssima taxa de hectares irrigados/habitante ($0,018 \text{ há hab.}^{-1}$) a menor da América do Sul.

Apesar da agricultura irrigada ser o principal uso consuntivo no País e, por isso, requerer maior atenção dos órgãos gestores, visando ao uso racional da água, dela resulta aumento da oferta de alimentos e preços menores em relação àqueles produzidos em áreas não irrigadas, devido ao aumento substancial da produtividade. Especialmente nas regiões onde o déficit hídrico é significativo, a irrigação constitui-se em fator essencial para a produção agrícola (ANA, 2012).

A irrigação é a atividade que demanda maior quantidade total de água, mas Folegatti et al. (2004), ressalta que apenas 3 a 5% permanecerá nos vegetais colhidos e 95 a 97% do volume aplicado retorna a atmosfera na forma de vapor d'água e, conseqüentemente, para os mananciais e rios na forma de chuva, mantendo o ciclo hidrológico. Por essa razão, a referência de conservador de água é verdadeira ao produtor irrigante que pratica técnicas de manejo de água e solo, contrária à hipótese de que a irrigação é uma das principais atividades agrícolas causadoras do uso irracional dos recursos hídricos.

A estimativa da demanda de água para a agricultura irrigada apresenta dificuldades, uma vez que esta demanda é influenciada por diversos fatores. Em primeiro lugar, a necessidade de água varia de acordo com as culturas, que possuem necessidades de água e ciclos de cultivo distintos. Em segundo lugar, a demanda de água para irrigação é influenciada por fatores sazonais e regionais, tais

como o regime de chuvas de determinada região e da permeabilidade dos solos, dentre outros fatores naturais. Finalmente, a volume de água utilizado ainda depende do método de irrigação adotado e sua eficiência na aplicação da água.

2.3.1 - A irrigação e os Impactos sobre os Recursos Hídricos

Os impactos positivos da atividade agrícola, como geração de empregos, oferta de alimentos, fixação do homem no campo, são amplamente reconhecidos e de grande importância. Mas, de certa forma a sociedade tem sido tolerante com os danos ambientais provocados pelas atividades agrícolas, em favor dos benefícios gerados pelo setor. No entanto, é injustificável que a produção dos alimentos de hoje possa comprometer os recursos naturais do futuro.

No setor rural, a problemática da água é agravada pela ocupação mal planejada do território que resulta no desmatamento das áreas nas bacias hidrográficas, causando erosão, empobrecimento das pastagens nativas, redução das reservas da água do solo e, conseqüentemente, a queda da produção natural.

Os principais impactos ambientais atribuídos devido ao uso da irrigação são: modificação do meio ambiente, consumo exagerado da disponibilidade hídrica da região, contaminação dos recursos hídricos, salinização do solo nas regiões áridas e semi-áridas e problemas de saúde pública.

Na avaliação das conseqüências dos impactos negativos sobre as reservas hídricas devem-se enfatizar os problemas correlatos de erosão dos solos, assoreamento dos corpos de água e falta de controle no uso de fertilizantes e biocidas. A situação agrava-se pela insuficiente proteção das nascentes e dos mananciais, que muitas vezes inviabiliza o aproveitamento dessa água para outros usos, ou onera seu custo devido à necessidade de tratamento que, em última instância, será tributado à comunidade.

Existem muitas evidências no mundo de que, após os benefícios iniciais da irrigação, grandes áreas têm-se tornado impróprias à agricultura. Apesar de seus benefícios, essa tem criado impactos ambientais adversos no solo, à disponibilidade e qualidade da água, à saúde pública, à fauna e flora e, em alguns casos, às condições socioeconômicas da população local.

Segundo Mello e Silva (2009), em geral os grandes projetos de irrigação incluem barragens, lagos, unidades de bombeamento, canais e tubulações, sistema

de distribuição de água nas parcelas e sistemas de drenagem. Assim, para analisar os efeitos da irrigação sobre o meio ambiente, devem ser considerados os diversos tipos de impactos ambientais inerentes aos projetos de irrigação, ou seja, impactos ambientais nas áreas inundadas, a jusante das barragens e impactos ambientais propriamente ditos.

O insumo água é tão importante quanto qualquer outro, mas pouco se tem feito quanto ao seu uso racional. A partir daí, devem ser adotadas as técnicas de manejo da irrigação. De acordo com as características físico-hídricas do solo, o clima, a cultura e os princípios de funcionamento dos equipamentos de irrigação, pode-se propor um uso racional da água e, conseqüentemente, sem danos ao meio ambiente (FOLEGATTI, 1996 apud MELLO e SILVA, 2009).

Muitas vezes, devido à necessidade de controle de sais do solo, baixa eficiência do sistema de irrigação ou mesmo à falta de um manejo criterioso da irrigação, a quantidade de água aplicada pode ser bastante superior àquela necessária. O excesso de água aplicada que não é evapotranspirada pelas culturas retorna aos rios e córregos, por meio do escoamento superficial e subsuperficial, ou vai para os lençóis subterrâneos, por percolação profunda, arrastando consigo sais solúveis, fertilizantes (principalmente nitratos), resíduos de defensivos e herbicidas, elementos tóxicos, sedimentos, etc. A contaminação dos recursos hídricos causa sérios problemas ao suprimento de água potável, tanto no meio rural como nos centros urbanos.

A contaminação de rios e córregos é rápida e acontece imediatamente após a aplicação da água de irrigação por meio dos sistemas por superfície, ou seja, nas formas de sulcos de infiltração, por faixas ou por inundação. No Brasil, tem-se verificado sérios problemas devido à aplicação de herbicidas na irrigação por inundação do arroz, uma vez que parte da vazão aplicada sempre circula pelos tabuleiros e retorna aos córregos. Na irrigação por sulcos, grande parte da vazão aplicada no início escoar no final dos sulcos. Essa água escoada transporta sedimentos, em virtude da erosão no início do sulco, e os diversos químicos aplicados na agricultura. No final da parcela, esta é coletada pelo dreno que a conduz aos córregos, causando contaminação.

A contaminação de rios e córregos também pode ocorrer de modo mais lento, por meio do lençol freático subsuperficial, que arrasta os elementos citados, exceto os sedimentos. Essa contaminação pode ser agravada se no perfil do solo irrigado

houver sais solúveis, pois a água que se movimenta no perfil arrasta tanto os sais trazidos para a área irrigada pela água de irrigação como os sais dissolvidos no perfil do solo (MELLO e SILVA, 2009).

Quanto maiores forem às perdas por percolação e por escoamento superficial na irrigação, maiores serão as chances de contaminação dos mananciais e do lençol subterrâneo. Assim, torna-se cada vez mais necessário dimensionar e manejar os sistemas de irrigação com maior eficiência, bem como evitar o uso descontrolado de químicos na irrigação por inundação, utilizando-os cautelosamente na irrigação por sulco e por faixa. Antes de implantar um projeto de irrigação, principalmente de irrigação por superfície, é de suma importância fazer um estudo geológico da região para evitar áreas com alto potencial de contaminação dos recursos hídricos, em razão da existência de grandes concentrações de sais solúveis no perfil do solo.

A agricultura irrigada, corretamente aplicada e com metas bem definidas e com assistência técnica, pode ajudar a resolver vários problemas como, por exemplo: escassez de água, pobreza e produção de alimentos, promovendo e possibilitando o desenvolvimento regional, gerando divisas e empregos, garantindo segurança alimentar, aumentando a diversificação da produção, diminuindo os riscos da agricultura e melhorando a qualidade de vida. Entretanto, para que isso ocorra é necessário que haja um planejamento do uso do solo e de água nas diferentes sub-bacias em que é possível irrigar.

2.4 – Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos

Segundo a Lei nº 9.433/1997 os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos são: os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, a outorga dos direitos de uso, a cobrança e o sistema de informações sobre recursos hídricos.

2.4.1 - Planos de Recursos Hídricos

Conforme a Lei nº 9.433/1997 os planos de recursos hídricos são planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e seu gerenciamento. E os planos serão elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País.

No Artigo 7º, os planos de recursos hídricos são considerados como planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e terão como conteúdo mínimo:

- I - Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;
- II - Análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;
- III - Balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;
- IV - Metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
- V - Medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;
- VI - Prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;
- VII - Diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- VIII - Propostas para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

Em dezembro de 2010 foi aprovado o Plano das Bacias PCJ 2010 a 2020 com propostas de Atualização do Enquadramento dos Corpos d'água e de Programa para Efetivação do Enquadramento dos Corpos d'água até o ano de 2035 e que aponta diretrizes que nortearão os trabalhos dos Comitês PCJ nos próximos dez anos. No enquadramento, segundo os Comitês PCJ, são definidas as metas de qualidade para os corpos d'água da bacia de acordo com os usos da água existentes ou desejados para o futuro. Estas metas são traduzidas em classes de usos que devem ser mantidos ou alcançados com a qualidade de água, atendendo aos requisitos para os diferentes usos. Sabe-se que o enquadramento dos corpos d'água é um instrumento importante na gestão dos recursos hídricos, pois é referência para o licenciamento ambiental, para a outorga e para a cobrança, assim para a execução do plano dos recursos hídricos.

2.4.2 - Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos

Segundo a Lei nº 9.433/1997 o sistema de informações sobre recursos hídricos é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão.

Os dados gerados pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos serão incorporados ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

Os princípios básicos, apresentados no Artigo 26, para o funcionamento do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos são:

- I - descentralização da obtenção e produção de dados e informações;
- II - coordenação unificada do sistema; e
- III - acesso aos dados e informações garantido à toda a sociedade.

Os objetivos do Sistema Nacional de Informações são: reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil; atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional e fornecer subsídios para a elaboração dos planos de recursos hídricos.

2.4.3 - Enquadramento dos Corpos de água em Classes, segundo os Usos Preponderantes

A Lei nº 9.433/1997 estabelece como um de seus objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

No Artigo 9º dessa Lei, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

A relação do enquadramento com a outorga estabelecida pela Lei define que toda outorga (art. 13) deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado. Portanto, as análises de pedidos de outorga, seja de captação de água ou de lançamento de efluentes, deverão considerar as condições de qualidade estabelecidas pela classe de enquadramento.

A relação entre o enquadramento e a cobrança pelo uso de recursos hídricos se estabelece de duas formas. Indiretamente, quando serão cobrados os usos sujeitos a outorga, que deve-se considerar as classes de enquadramento e quando, valores arrecadados com a cobrança serão aplicados em programas e obras

definidos no plano da bacia. Diretamente, as classes de enquadramento podem ser consideradas na fórmula de cobrança pelo lançamento de efluentes.

A importância do enquadramento é reforçada por sua relação com os demais instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. O enquadramento também é um instrumento de convergência entre as Políticas de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos, pois tem repercussão operacional sobre os órgãos do SISNAMA (Sistema Nacional de Meio Ambiente) e SINGREH, e sua normatização compete ao CONAMA e ao CNRH, bem como aos conselhos ambientais e de recursos hídricos em âmbito estadual.

No Artigo 10 da Lei nº 9.433/1997 determina-se que as classes de corpos de água serão estabelecidas pela legislação ambiental. As principais regulamentações para o enquadramento são as resoluções do CONAMA e do CNRH.

A Resolução CONAMA nº 20/1986 estabelece a classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional, a qual foi revogada pela Resolução CONAMA nº 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água superficiais e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

No Artigo 4º do CONAMA nº 357/2005 as águas (doces, salobras e salinas) são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em classes de acordo com a qualidade. As águas doces são classificadas em: Classe especial, em que as águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e das unidades de conservação e proteção integral; Classe 1, as águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas; Na Classe 2, as águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e à aquicultura e à atividade de pesca; Na Classe 3 as águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e

forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais; e Classe 4 as águas que podem ser destinadas: à navegação; e à harmonia paisagística.

Essa classificação de usos em relação à qualidade da água é utilizada para definir os usos ao qual se destina o recurso hídrico e para a gestão estes são considerados na definição dos critérios da cobrança. A Resolução CNRH nº 52/2005 aprova os mecanismos e os valores para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, nos cursos d'água de domínio da União, nas Bacias PCJ.

A cobrança pela captação de água, segundo a Resolução CNRH nº 52/2005, será feita de acordo com a Equação (1):

$$Valor_{cap} = (K_{out} \times Q_{capout} + K_{med} \times Q_{capmed}) \times PUB_{cap} \times K_{capClasse} \quad (1)$$

onde: $Valor_{cap}$ = Pagamento anual, em R\$, pela captação de água;

K_{out} = Peso atribuído ao volume anual de captação outorgado;

K_{med} = Peso atribuído ao volume anual de captação medido;

$Q_{cap out}$ = Volume anual de água captado, em m^3 , em corpo d'água de domínio da União, segundo valores da outorga, ou verificados pela ANA, se não houver outorga;

$Q_{cap med}$ = Volume anual de água captado, em m^3 , em corpo d'água de domínio da União, segundo dados de medição;

PUB_{cap} = Preço Unitário Básico, em $R\$ m^{-3}$, para captação superficial;

$K_{cap classe}$ = Coeficiente que leva em conta a classe de enquadramento do corpo d'água no qual se faz a captação.

Nessa equação o coeficiente $K_{cap classe}$ quantifica a classe de enquadramento do rio como ponderador da qualidade da água, à medida que um usuário capta no rio em que a classe é maior, deverá pagar mais pela cobrança do que um usuário que faz a captação em classe inferior.

Os valores de " $K_{cap classe}$ " da fórmula da cobrança são definidos conforme a Tabela 1:

Tabela 1 – Valores de “ $K_{\text{cap classe}}$ ” em função classe de uso do corpo d’água

Classe de uso do corpo d’água	$K_{\text{cap classe}}$
1	1,0
2	0,9
3	0,9
4	0,7

A redução da cobrança, através do coeficiente da classe, justifica-se pelo fato de que um usuário que capta água mais poluída terá maiores custos para o seu tratamento (THOMAS, 2005).

No lançamento de carga orgânica, a cobrança é feita de acordo com a Equação 2:

$$Valor_{DBO} = CO_{DBO} \times PUB_{DBO} \times K_{\text{lançClasse}} \quad (2)$$

Onde: $Valor_{DBO}$ = Pagamento anual pelo lançamento de carga de $DBO_{5,20}$;

CO_{DBO} = Carga anual de $DBO_{5,20}$ efetivamente lançada, em kg;

PUB_{DBO} = Preço Unitário Básico da carga de $DBO_{5,20}$ lançada;

$K_{\text{lanç classe}}$ = Coeficiente que leva em conta a classe de enquadramento do corpo de água receptor.

Nos corpos d’água de domínio da União nas Bacias PCJ, para o lançamento de carga orgânica $DBO_{5,20}$ o valor do PUB é de 0,10 R\$ m^{-3} .

O lançamento de carga orgânica no corpo hídrico é indicado pela Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). A DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A $DBO_{5,20}$ é considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias, numa temperatura de incubação de 20°C.

O valor da concentração da $DBO_{5,20}$ para o cálculo da carga orgânica lançada no corpo hídrico é de acordo com as medidas efetuadas pelos órgãos ambientais estaduais, conforme a localização do lançamento realizado ou pelas medidas efetuadas pelos próprios usuários, por meio de metodologias acreditadas e licenças emitidas pelos órgãos ambientais ou das informações declaradas pelos usuários no processo de regularização de usos.

O valor da CO_{DBO} será calculado conforme a Equação (3):

$$CO_{DBO} = C_{DBO} \times Q_{lan\grave{c}Fed} \quad (3)$$

onde: C_{DBO} = Concentração média anual de $DBO_{5,20}$ lançada, em $kg\ m^{-3}$, obtida de acordo com o resultado da média aritmética das medidas feitas pelo órgão ambiental estadual correspondente, ou pelo usuário ou pelo valor máximo constante no processo de licenciamento ambiental do lançamento ou pelo valor verificado pela ANA no processo de regularização.

$Q_{lan\grave{c} Fed}$ = Volume anual de água lançado, em m^3 , em corpos d'água de domínio da União, segundo dados de medida ou, na ausência desta, segundo dados outorgados, ou, por verificação da ANA no processo de regularização.

De acordo com a Resolução CNRH nº 52/2005, nos dois primeiros anos da cobrança, para os usuários que captam água para uso em resfriamento, por meio de sistema aberto e independente do processo de produção, não será cobrado o lançamento de carga de $DBO_{5,20}$, desde que não haja acréscimo de carga de $DBO_{5,20}$ entre a captação e o lançamento. E no caso em que os usuários comprovem com medidas, atestadas pela ANA, em articulação com o órgão ambiental competente, que a carga orgânica presente no lançamento de seus efluentes é menor ou igual à carga orgânica presente na água captada, em um mesmo corpo d'água, o cálculo dos valores referentes ao pagamento pelo lançamento de carga orgânica poderá ser revisto, buscando uma compensação ao usuário. Então, caso o usuário comprove a devolução ao corpo hídrico, da água em qualidade superior a captada, será beneficiado com a redução do valor cobrado.

No Artigo 11 da Resolução CNRH nº 52/2005 fica instituído mecanismo diferenciado de pagamento do “Valor_{DBO}”, com o intuito de incentivar investimentos, com recursos do próprio usuário, em ações de melhoria da qualidade, da quantidade de água e do regime fluvial, que resultem em sustentabilidade ambiental da bacia. O usuário poderá solicitar junto aos Comitês PCJ, o abatimento do valor devido pelo lançamento de cargas orgânicas, apresentando proposta de investimentos, em ações que contemplem obras e equipamentos de sistemas de afastamento e tratamento de efluentes e medidas estruturais que propiciem a redução de cargas poluidoras lançadas. As regras e os procedimentos para apuração dos investimentos feitos pelo usuário devem ser estabelecidos pela ANA.

Esse mecanismo diferenciado de pagamento foi instituído ainda, no setor rural denominado de “Valor_{Rural}”, para incentivar investimentos, em ações de melhoria da qualidade, da quantidade de água e do regime fluvial, que resultem em sustentabilidade ambiental da bacia, no qual o usuário poderá solicitar, aos Comitês PCJ, o abatimento do valor devido pela captação e consumo de água. Este deverá apresentar proposta de investimentos, em ações que contemplem a aplicação de boas práticas de uso e conservação da água na propriedade rural onde se dá o uso de recursos hídricos, a serem definidas pela Câmara Técnica de Uso e Conservação da Água no Meio Rural (CT-Rural).

A Resolução CNRH nº 48/2005 estabelece critérios gerais para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e define que para a fixação dos valores a serem cobrados deverão ser observados aspectos relativos quanto à derivação, captação e extração, os demais usos ou interferências que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água de um corpo hídrico e no lançamento com a finalidade de diluição, assimilação, transporte ou disposição final de efluentes, deve considerar a classe em que estiver enquadrado o corpo de água receptor no ponto de lançamento.

A padronização das classes por qualidade da água foi adotada como critério na cobrança como forma de levantamento de informação quanto à classe atual do corpo hídrico, mas também serve de ferramenta para o planejamento de uso, pois pode-se adotar medidas para que se atinja a classe pretendida.

A aprovação do enquadramento de um corpo de água não deve ser vista como ação finalística, mas deve ser considerada como passo na aplicação desse instrumento.

2.4.4 - Outorga de Direitos de Uso de Recursos Hídricos

A outorga é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos pelo qual o Poder Público autoriza o usuário, sob condições preestabelecidas, a utilizar ou realizar interferências hidráulicas nos recursos hídricos necessários à sua atividade, garantindo o direito de acesso a esses recursos, dado que a água é um bem de domínio público.

Na Lei nº 9.433/1997, em seu Artigo 11º, define que o regime de outorga de direito de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle

quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

Estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os usos de derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público ou insumo de processo produtivo; de extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; de lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; de aproveitamento dos potenciais hidrelétricos e outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

A outorga esta condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos planos de recursos hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário, quando for o caso. A outorga de uso dos recursos hídricos deverá preservar o uso múltiplo destes.

A efetivação da outorga ocorre por ato da autoridade competente do Poder Executivo Federal, dos Estados ou do Distrito Federal, podendo ser delegada a concessão da outorga de direito de uso de recurso hídrico de domínio da União, de acordo com a dominialidade do corpo hídrico. Os rios e lagos que banham mais de um Estado ou país e, ainda, as águas armazenadas em reservatórios administrados por entidades federais (como os açudes do DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra a Seca- e da CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco, por exemplo) são de domínio da União e, nestes casos, a outorga é emitida pela ANA.

A outorga pode ser suspensa parcial ou totalmente, em definitivo ou por prazo determinado, por prazo não excedente a trinta e cinco anos, renovável.

De acordo com a Lei nº 9.984/2000 compete à ANA outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União, bem como emitir outorga preventiva. Também é competência da ANA a emissão da reserva de disponibilidade hídrica para fins de aproveitamentos hidrelétricos e sua consequente conversão em outorga de direito de uso de recursos hídricos.

Em cumprimento ao Artigo 8º da Lei nº 9.984/2000, a ANA dá publicidade aos pedidos de outorga de direito de uso de recursos hídricos e às respectivas

autorizações, mediante publicação das solicitações nos Diários Oficiais da União e do respectivo Estado e publica os extratos das Resoluções de Outorga no Diário Oficial da União.

De acordo com o Artigo 6º da Resolução ANA nº 707/2004, que dispõe sobre procedimentos de natureza técnica e administrativa a serem observados no exame de pedidos de outorga, não são objetos de outorga de direito de uso de recursos hídricos, mas com obrigatoriedade de cadastro no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNRH):

I - serviços que não alterem o regime, a quantidade ou qualidade da água existente no corpo de água;

II - obras de travessia de corpos de água que não interferem na quantidade, qualidade ou regime das águas, cujo cadastramento deve ser acompanhado de atestado da Capitania dos Portos quanto aos aspectos de compatibilidade com a navegação; e

III - usos com vazões de captação máximas instantâneas inferiores a $1,0 \text{ L s}^{-1}$, quando não houver deliberação diferente do CNRH.

O instrumento outorga é ferramenta base para a implementação da cobrança, tanto que os usos a serem cobrados são aqueles sujeitos à outorga. Os dados utilizados nos cálculos dos valores a serem pagos pelo uso dos recursos hídricos são oriundos desse instrumento, destacando a essencialidade e a complementação entre os instrumentos.

2.4.5 – Cobrança

2.4.5.1 - Histórico dos aspectos legais da cobrança

O recurso hídrico é um bem de valor, à medida que haja interesse sobre ele. Tornando-se escasso, esse valor passa a ter caráter econômico, de acordo com a Carta Européia da Água, promulgada em Estrasburgo em 1968: A água é um patrimônio comum, cujo valor deve ser reconhecido por todos; cada um tem o dever de economizar e de utilizar com critérios e a gestão dos recursos hídricos deve inscrever-se no âmbito da bacia hidrográfica natural e ser inserida nas fronteiras administrativas e políticas.

A implantação da cobrança pelo uso da água para os usuários de água bruta, passa pelo exame dos dispositivos legais pertinentes. Nesse sentido, no Código Civil Brasileiro, estabelecido pela Lei nº 3.071/1916, já se encontra fundamenta essa cobrança no seu Artigo 68, ao assegurar que o uso comum dos bens públicos pode ser gratuito ou retribuído, conforme as Leis da União, dos Estados ou dos Municípios a cuja administração pertencerem.

E estava prevista ainda, desde o Código de Águas, Lei nº 24.642/1934, o que é considerado avançado para a sua época e alguns trechos serão destacados, como no Artigo 29 em que trata as águas de domínio da União, dos Estados e dos Municípios, as águas públicas de uso comum poderiam pertencer à União, quando banhassem mais de um Estado, aos Estados, quando banhassem mais de um Município, e aos Municípios, quando se situassem exclusivamente em seu território.

O Artigo 34 garante o uso gratuito de qualquer corrente ou nascente de água, para as primeiras necessidades de vida, se houver caminho público que a torne acessível. O Artigo 36 estabelece que é permitido a todos usar de quaisquer águas públicas conformando-se com os regulamentos administrativos. Quando esse uso depender de derivação, terá preferência a derivação para o abastecimento de populações. O uso comum das águas pode ser gratuito ou retribuído, conforme leis e regulamentos da circunscrição administrativa a que pertencem.

A instituição da outorga de direito de uso dos recursos hídricos, pode ser conferida no Artigo 43 no qual as águas públicas não podem ser derivadas para as aplicações da agricultura, da indústria e da higiene, sem a existência de concessão administrativa, no caso de utilidade pública e, não se verificando, de autorização administrativa, que será dispensada, todavia, na hipótese de derivações insignificantes.

Sendo as águas bens públicos de uso comum, um de seus atributos é a inalienabilidade, esse preceito foi fixado no Código das Águas (Artigo 46), foi repetido na Lei nº 9.433/1997(Artigo 18): ninguém, seja a que título for, poderá apropriar-se das águas, pois a lei apenas confere o direito de seu uso por meio da outorga, cujos instrumentos jurídicos, no direito em vigor, são a autorização e a concessão.

Posteriormente, a Lei 6.938/1981, que trata da Política Nacional de Meio Ambiente, incluiu a possibilidade de imposição ao poluidor e ao predador, a

obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

Na declaração de Dublin, preparatória à Conferência do Rio de Janeiro, em 1992, a Conferência sobre Água e Meio Ambiente, trata da matéria, inserida em um dos seus princípios, a água tem valor econômico em todos os usos competitivos e deve ser reconhecida como um bem econômico. De acordo com esse princípio, é vital reconhecer inicialmente o direito básico de todos os seres humanos do acesso ao abastecimento e saneamento a um preço acessível. O erro no passado do não reconhecimento do valor econômico da água tem levado ao desperdício e usos deste recurso de forma destrutiva ao meio ambiente. O gerenciamento da água, como bem de valor econômico é um meio importante para atingir o uso eficiente e equitativo, e o incentivo à conservação e proteção dos recursos hídricos.

2.4.5.2 - Aspectos legais da cobrança pelo uso dos recursos hídricos

O crescimento populacional das últimas décadas, aliado à intensificação das atividades produtivas, conduziram a ocorrências de problemas relacionados à água, tanto em quantidade, quanto relativos à degradação da sua qualidade, resultando em conflitos e limitações de uso em virtude das condições de escassez e poluição hídrica instaladas. Dessa forma, embora a água seja um recurso natural renovável, reconhece-se que é um recurso natural limitado, que possui valor econômico.

Esse fato contribuiu para a adoção de um novo paradigma de gestão desse recurso no Brasil, que compreende a utilização de instrumentos regulatórios e econômicos, como a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433/1997.

Ou seja, a sociedade brasileira decidiu utilizar a cobrança como instrumento de gestão das águas, seguindo uma tendência mundial de associar instrumentos econômicos aos tradicionais instrumentos de comando e controle - como outorga e fiscalização.

No Brasil, a cobrança não é um imposto, mas um preço condominial, fixado a partir de um pacto, estabelecido no âmbito dos Comitês de Bacia Hidrográfica, entre os usuários de água, a sociedade civil e o Poder Público (CARVALHO, 2011).

No Artigo 19 da Lei nº 9.433/1997, a cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva: a) reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação

de seu real valor; b) incentivar a racionalização do uso da água e c) obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

Os usos de recursos hídricos sujeitos a outorga serão cobrados e isso acentua a necessidade de complementaridade entre os instrumentos propostos pela Lei nº 9.433/1997.

No Artigo 21, a fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos são, principalmente, as derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação e os lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado, seu regime de variação, as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente.

Os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados e serão utilizados no financiamento de estudos, programas, projetos e obras incluídos nos Planos de Recursos Hídricos e no pagamento de despesas de implantação e custeio administrativo dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Para o gerenciamento da cobrança e dos recursos arrecadados pelo Comitê de Bacia Hidrográfica, poderão ser criadas as Agências de Água que exercerão a função de secretaria executiva, sendo a criação das Agências autorizada pelo CNRH ou pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos mediante solicitação do Comitê.

A criação de uma Agência de Água é condicionada ao atendimento da viabilidade financeira assegurada pela cobrança do uso dos recursos hídricos em sua área de atuação.

É competência da Agência de Água, de acordo com a Lei nº 9.433/1997, no âmbito de sua área de atuação e no que diz respeito à cobrança: a) efetuar, mediante delegação do outorgante, a cobrança pelo uso de recursos hídricos; b) analisar e emitir pareceres sobre os projetos e obras a serem financiados com recursos gerados pela cobrança pelo uso de Recursos Hídricos e encaminhá-los à instituição financeira responsável pela administração desses recursos; c) acompanhar a administração financeira dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos em sua área de atuação; e d) propor, ao Comitê de Bacia, os valores a serem cobrados pelo uso e o plano de aplicação dos recursos arrecadados com a cobrança.

2.4.5.3 - Cobrança pelo uso da água para irrigação

No setor rural, a irrigação corresponde a cerca de 70% do uso da água. Na irrigação, existe perda de água devido, principalmente, à baixa eficiência dos sistemas e falta de um monitoramento da quantidade de água necessária e aplicada. Todavia, estas causas não justificam as perdas, visto que estas podem ser minimizadas pelo uso de um sistema de irrigação mais eficiente e de técnicas de manejo adequadas. Com a cobrança pelo uso da água pretende-se que o uso seja mais racional e a consequente redução no consumo.

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos é uma maneira de enfrentar o desafio de melhorar as condições de aproveitamento, recuperação e conservação dos recursos hídricos.

Neste sentido, a Política Nacional de Recursos Hídricos, através da Lei Nº 9.433/1997 instituiu a Política e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cujos fundamentos são baseados no fato de que a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. A racionalização dos usos dos recursos hídricos é um dos objetivos principais dessa Política.

A cobrança pelo uso da água deve estimular o agricultor irrigante a adotar medidas que evitem perdas e desperdícios e, também, constituir receitas que possam viabilizar financiamentos para a aplicação em projetos e obras hidráulicas e de saneamento. Os valores a serem cobrados levarão em conta diversos fatores, dentre os quais se destacam: a vazão captada e sua variação, o consumo efetivo, a finalidade a que se destina, a carga poluidora lançada e sua variação, a existência de obras hidráulicas de regularização de vazões e outros.

Na agricultura, principalmente irrigada, devido as suas características naturais intrínsecas no que se refere ao seu caráter social, por exemplo, pode ser atribuída a geração de empregos decorrentes de suas atividades. Segundo Meirelles (2000) vale destacar que seriam necessários 25 hectares de área irrigada para empregar um trabalhador, enquanto que nas culturas de sequeiro seriam necessários 77 hectares. Na região de Barretos-SP, a irrigação é responsável pela criação de 67,5% dos empregos no campo, segundo um estudo da década de 80.

A agricultura irrigada estimula, ainda, a substituição do trabalhador temporário pelo permanente, tendo em vista que a irrigação permite ao agricultor desenvolver sua atividade durante todo o ano, demandando mão-de-obra constantemente, o que

a difere da agricultura de sequeiro, que concentra a demanda num período muito curto do ano (época das chuvas).

Outro benefício da agricultura irrigada é a estabilidade da produção que se estabelece no processo produtivo, tornando-o mais independente das condições climatológicas, o que favorece a propriedade agrícola, ao permitir um fluxo de renda melhor distribuído ao longo do ano e um planejamento das atividades produtivas (MEIRELLES, 2000).

Um aspecto que deve ser considerado é o retorno da água utilizada pela agricultura. As águas de retorno no uso agrícola constituem um elemento importante no ciclo hidrológico e seus efeitos devem ser considerados na estimativa do valor e do custo da água. A água de irrigação não pode ser considerada como uso consuntivo, uma vez que, após percolação, retorna ao lençol freático, em percentagens diferenciadas de acordo com a cultura, tipo de solo e outras características edafoclimáticas existentes.

No planejamento da implementação do instrumento de cobrança, nesse contexto da agricultura irrigada, deverá considerar os impactos dessa atividade, mas principalmente, possibilitar o agricultor benefícios, à medida que forem adotadas medidas que reduzam a captação ou promovam a conservação do solo e da água na propriedade. Considerando, ainda o impacto econômico que tal instrumento pode causar aos custos de produção, sabendo-se da baixa rentabilidade do setor, em função de características climáticas e de mercado.

De acordo com Meirelles (2000) o aumento nos custos de produção agropecuária, dificilmente poderá ser compartilhado com os consumidores, pois o produtor acaba não conseguindo repassar esse aumento, seja parcialmente ou totalmente, para o consumidor final. Esse fato diminuirá sensivelmente a competitividade das culturas irrigadas, podendo mesmo comprometer o abastecimento de determinada cultura.

Para completar, o setor rural, ao contrário de outros, não tem como repassar o aumento de custo a seus produtos. É um mercado que, com exceção das grandes commodities, ainda é regulado pela lei da oferta e da procura. É um cenário que confere um poder de desgaste a qualquer carga extra no custo de produção.

Segundo Carvalho (2011), um aspecto positivo da cobrança é que essa tem motivado a integração de esforços para a gestão por bacia hidrográfica, num País onde os limites territoriais não coincidem com os limites hidrográficos, e que numa

mesma bacia há rios de diferentes domínios (União e Estados). Nesse sentido, esforços têm sido empreendidos, tanto na harmonização dos mecanismos e valores de cobrança entre os Comitês no âmbito de uma mesma bacia, quanto na integração dos órgãos gestores nos procedimentos operacionais da cobrança.

2.4.5.4 - Mecanismos de Cobrança

De uma maneira geral, a cobrança pelo uso da água é definida em termos de quantidade e/ou qualidade (poluição). Do ponto de vista econômico, a cobrança da água deve atentar para dois objetivos: a) a geração de receitas para o financiamento dos custos de gestão e provisão associados à disponibilidade hídrica ou ao controle de poluição; e b) a redução de externalidades ambientais negativas, ao induzir os usuários à utilização racional dos recursos hídricos. Este duplo objetivo da cobrança é reconhecido e expresso na legislação da maioria dos países que adotam este instrumento de gestão. Mas, conforme alguns estudos de caso, a experiência internacional mostra que a meta de geração de receitas tem prevalecido sobre os objetivos ambientais (PERH, 2004).

A estrutura dos mecanismos de cobrança existentes constitui-se, em geral, de três partes: a base de cálculo, o preço unitário e os coeficientes. A base de cálculo é determinada em função do uso da água. Normalmente, o parâmetro para caracterizar o uso quantitativo é a vazão e para caracterizar o uso qualitativo, a carga de poluentes lançada. No Brasil, no entanto, propõe-se uma abordagem pioneira, que visa integrar gestão de quantidade com gestão de qualidade, através da “transformação” de carga lançada em vazão de diluição (THOMAS, 2008).

Já o preço unitário é determinado em função dos objetivos da cobrança, que no Brasil foram definidos como: obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos; incentivar a racionalização do uso da água e reconhecer a água como bem econômico dando ao usuário uma indicação de seu real valor.

Com relação aos coeficientes, observou-se que a sua criação resultou da necessidade de adaptação da estrutura de cobrança para atender a uma série de objetivos específicos, como diferenciar a cobrança em função do tipo de uso, da localização do usuário etc. Contudo, apesar dos coeficientes serem amplamente

utilizados, nem sempre são quantificados de forma precisa sendo, por vezes, determinados através de negociações políticas. (THOMAS, 2008).

Os mecanismos de cobrança existentes possuem, em geral, a seguinte estrutura básica da Equação 4:

$$\text{Cobrança} = \text{Base\_de\_Cálculo} \times \text{Preço\_Unitário} \times \text{Coeficientes} \quad (4)$$

A base de cálculo é o componente do mecanismo de cobrança que visa a quantificar o uso da água. O preço unitário é definido pelo comitê em função dos objetivos da cobrança, quais sejam: incentivar o uso racional e obter recursos financeiros para financiar as ações de recuperação das bacias.

A definição dos preços passa também por uma avaliação do impacto da cobrança sobre os usuários, que se constitui num fator limitante para o preço, pois os usuários buscam minimizá-lo. Finalmente, cabe mencionar a necessidade de existência de uma Agência de Água para a implementação da cobrança em rios de domínio da União, que pode se constituir em outro fator limitante, dependendo do potencial de arrecadação na bacia. Isto ocorre porque a legislação impõe que a agência deve possuir sustentabilidade financeira garantida pelos recursos da cobrança, porém somente podem ser destinados ao seu custeio, 7,5% do total arrecadado. Com isso, cria-se uma espécie de “arrecadação mínima” para poder implementar a cobrança, que resultará em preços unitários mínimos. Os coeficientes, finalmente, têm o objetivo de adaptar os mecanismos de cobrança a objetivos específicos definidos pelo Comitê (THOMAS, 2008).

Na determinação dos elementos da cobrança, alguns pré-conceitos devem ser estabelecidos quanto à facilidade de entendimento por parte dos usuários e da aplicação da fórmula em relação à disponibilidade de informações e ainda quanto à aplicabilidade devido à sustentabilidade financeira dos usuários e bem como a diferenciação dos usuários com possibilidade de beneficiar os usuários que fazem uso racional e penalizar os usuários que fazem uso perdulário da água.

2.4.5.4.1 - Valores Unitários

Nas Bacias PCJ, adotou-se como premissa que os valores a serem cobrados nos corpos d'água de domínio do Estado de São Paulo deverão ser os mesmos da cobrança nos corpos d'água de domínio da União, ressalvadas questões que não possam ser equacionadas decorrentes da legislação estadual ou federal. Com isso, os PUBs – Preços Unitários Básicos, adotados para a cobrança federal, serão mantidos na cobrança paulista, fazendo-se ajustes no sentido de compatibilizar as fórmulas empregadas nas cobranças, que são distintas.

Os valores propostos para os PUBs para a cobrança pelo uso de recursos hídricos em corpos d'água de domínio do Estado de São Paulo e da União, são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2 - Preços Unitários Básicos para a cobrança nas Bacias PCJ

Tipo de Uso	Unidade	Valor
Captação de água bruta, Extração e Derivação	R\$ m ⁻³	0,01
Consumo de água bruta	R\$ m ⁻³	0,02
Lançamento de carga orgânica DBO _{5,20}	R\$ kg ⁻¹	0,10
Transposição de bacia	R\$ m ⁻³	0,015

A definição dos valores dos PUBs para as Bacias PCJ foi feita a partir de estudos apresentados ao Grupo de Trabalho sobre Cobrança (GT-Cobrança) com simulações dos valores da cobrança para os diferentes segmentos de usuários e avaliação dos montantes a serem pagos e recebidos. Após as discussões os membros do GT-Cobrança sugeriram os valores dos PUBs baseados em estimativa feita de impactos inferiores a 2% nos valores das contas de consumo mínimo, a fim de proporcionar uma cobrança exequível, ou seja, com valores que poderiam ser assimilados pelos usuários (ANA, 2009).

Para o setor rural a definição dos valores, considerando o amplo espectro do setor desde pequenos produtores a grandes empresas agrícolas, tornaram-se necessários estudos e avaliação dos respectivos impactos sobre os custos de produção agrícola. Foram apresentados, pela Câmara Técnica Rural, dados e informações ajudando na definição da metodologia da cobrança para o setor. Através de debates e análises de simulações, verificou-se a conveniência de adoção

de coeficiente redutor dos valores a serem pagos pelo setor agrícola, evitando-se o impacto que poderia ser produzido com a utilização dos mesmos critérios utilizados para os demais setores de usuários. Após as discussões sobre quanto deveria ser o coeficiente de cobrança para o setor rural, foi adotado o coeficiente “Kr”, correspondente a 0,1, como multiplicador do valor a ser pago pelo usuário agrícola.

Foi previsto ainda, segundo a ANA (2009) apresentação de uma metodologia específica que leva em conta as boas práticas de uso e conservação da água no imóvel rural onde se dá o uso da água, metodologia essa a ser apresentada pela CT Rural para a variação do “Kr”. Houve ainda a consenso em que os gastos, com recursos próprios dos usuários, com equipamentos que promovam o uso mais eficiente da água no meio rural, promovendo a conservação, melhor aproveitamento e reuso, poderiam se abatidos no valor total a ser pago pelo usuário, devido à cobrança nesse setor.

Para o caso específico do Estado de São Paulo foi aprovada a proposta para implementação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio do Estado, nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí através da Deliberação conjunta dos Comitês PCJ nº 048/2006. No Artigo 2º, os Preços Unitários Básicos - PUBs, definidos no Decreto nº 50.667/06 e são os seguintes:

- I - $PUB_{cap} = R\$ 0,01$ por m^3 de água captado, extraído ou derivado;
- II - $PUB_{cons} = R\$ 0,02$ por m^3 de água consumida;
- III - $PUB_{DBO} = R\$ 0,10$ por kg de carga de Demanda Bioquímica de Oxigênio (de 5 dias a $20^\circ C$) – $DBO_{5,20}$.

O Decreto nº 50.667/2006 regulamenta dispositivos da Lei nº 12.183/2005, que trata da cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo e define que os PUFs serão obtidos através da multiplicação dos Preços Unitários Básicos - PUBs por Coeficientes Ponderadores correspondentes. Os PUBs, para cada bacia hidrográfica, deverão ser propostos pelos CBHs correspondentes, conforme suas especificidades e posteriormente referendados pelo CRH.

De acordo com Artigo 12 da Lei nº 12.183/2005, o valor a ser cobrado por captação, extração, derivação e consumo resultará da multiplicação dos respectivos volumes captados, extraídos, derivados e consumidos pelos correspondentes valores unitários, e pelo produto dos coeficientes que considerem os critérios estabelecidos anteriormente, respeitado o limite máximo correspondente a 0,001078

UFESP (um mil e setenta e oito milionésimos da Unidade Fiscal do Estado de São Paulo) por m³ captado, extraído ou derivado.

Com isso, o limite do PUB para São Paulo está definido por lei e este tem sido considerado nas discussões sobre a atualização de valores monetários, ou seja, do reajuste dos valores dos PUBs, atualmente discutido na GT – Cobrança no âmbito do Comitê PCJ.

2.4.3.4.2 - Bases de Cálculo e Coeficientes Ponderadores

As bases de cálculo são os componentes dos mecanismos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos que visam quantificar esses usos e atribuir-lhes valores. Na proposta estudada pelos Comitês PCJ para a cobrança federal, que vigora nas Bacias PCJ desde 1º de janeiro de 2006, foram considerados como usos: captação superficial, consumo, lançamento de cargas orgânicas (DBO_{5,20}) e transposição de bacias.

A Resolução CNRH nº 48/2005 estabelece critérios gerais para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. A viabilidade técnica e econômica da cobrança exerce papel de fundamental importância na implementação dos Planos de Recursos Hídricos e na indução do usuário aos procedimentos de racionalização, conservação, recuperação e manejo sustentável das bacias hidrográficas. A Resolução propõe, por meio dos mecanismos para a definição dos valores de cobrança, aspectos que devem ser observados pela União, pelos Estados e pelo Distrito Federal na elaboração dos respectivos atos normativos que disciplinem a cobrança. Em seu Artigo 7º estabelece que para a fixação dos valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos deverão ser observados alguns aspectos para a derivação, captação e extração, para o lançamento com o fim de diluição, assimilação, transporte ou disposição final de efluentes e nos demais tipos de usos ou interferências que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água de um corpo hídrico.

Esses aspectos devem ser observados na proposição de coeficientes ponderadores e que devem ser regulamentados pelos Estados e pelos comitês de bacias hidrográficas

No estado de São Paulo, o Decreto nº 50.667/2006 regulamenta dispositivos da Lei nº 12.183/2005, que trata da cobrança pela utilização dos recursos hídricos.

Em seu Artigo 12, os coeficientes ponderadores permitem a diferenciação dos valores a serem cobrados, e também poderão servir de mecanismo de compensação e incentivo aos usuários conforme previsto nos § 2º e §3º do Artigo 9º da Lei nº 12.183/2005.

No § 2º do Artigo 9º, os Comitês de Bacia poderão propor diferenciação dos valores a serem cobrados, em função de critérios e parâmetros definidos em regulamento, que abranjam a qualidade e disponibilidade de recursos hídricos, de acordo com as peculiaridades das respectivas unidades hidrográficas. E no § 3º serão adotados mecanismos de compensação e incentivos para os usuários que devolverem a água em qualidade superior àquela determinada em legislação e normas regulamentares.

Os coeficientes ponderadores serão definidos considerando características diversas, sendo esses os mesmos aspectos referidos na Resolução CNRH nº 48/2005 e podem ser descritas conforme segue:

I - Para captação, extração, derivação e consumo devem considerar:

- a) X_1 - a natureza do corpo d'água, superficial ou subterrâneo;
- b) X_2 - a classe de uso preponderante em que estiver enquadrado o corpo d'água no local do uso ou da derivação;
- c) X_3 - a disponibilidade hídrica local;
- d) X_4 - o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas;
- e) X_5 - o volume captado, extraído ou derivado e seu regime de variação;
- f) X_6 - o consumo efetivo ou volume consumido;
- g) X_7 - a finalidade do uso;
- h) X_8 - a sazonalidade;
- i) X_9 - as características dos aquíferos;
- j) X_{10} - as características físico-químicas e biológicas da água;
- l) X_{11} - a localização do usuário na bacia;
- m) X_{12} - as práticas de conservação e manejo do solo e da água; e
- n) X_{13} - a transposição de bacia.

II - Para diluição, transporte e assimilação de efluentes, ou seja carga lançada, devem considerar:

- a) Y_1 - a classe de uso preponderante do corpo d'água receptor;
- b) Y_2 - o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas;
- c) Y_3 - a carga lançada e seu regime de variação;

- d) Y_4 - a natureza da atividade;
- e) Y_5 - a sazonalidade;
- f) Y_6 - a vulnerabilidade dos aquíferos;
- g) Y_7 - as características físico-químicas e biológicas do corpo receptor no local do lançamento;
- h) Y_8 - a localização do usuário na bacia; e
- i) Y_9 - as práticas de conservação e manejo do solo e da água.

III - Outros usos e interferências que alterem o regime, a quantidade e a qualidade da água existente num corpo d'água, poderão ter coeficientes ponderadores específicos, a serem propostos por deliberação dos respectivos Comitê de Bacias Hidrográficas (CBHs).

Os coeficientes ponderadores e seus respectivos critérios de medição, quando couber, devem ser propostos pelos respectivos CBHs e referendados pelo CRH.

Para definir a compensação e incentivo aos usuários que devolverem a água em qualidade superior àquela determinada em legislação e normas complementares, os Comitês de Bacias Hidrográficas deverão aplicar coeficiente redutor ao valor atribuído ao parâmetro Y_3 referido anteriormente.

Na Deliberação conjunta dos comitês PCJ nº 048/2006, que aprova a proposta para implementação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo, nas Bacias PCJ, em seu Art. 6º descreve os Coeficientes Ponderadores - CP, com as classificações, valores e condicionantes, que serão empregados conforme segue a Tabela 3 para uso da captação, extração e derivação. Na deliberação consta ainda tabelas com os coeficientes ponderadores para uso do consumo e diluição, transporte e assimilação de efluentes, as quais não serão apresentadas nesse estudo.

Tabela 3 - Coeficientes ponderadores (CP), características, classificação e valores dos critérios para a definição dos valores de cobrança

Captação, Extração e Derivação			
Característica	CP	Classificação	Valor
a) Natureza do corpo d'água	X ₁	Superficial	1,0
		Subterrâneo	1,15
b) Classe de uso preponderante em que estiver enquadrado o corpo d'água na local do uso ou da derivação	X ₂	Classe 1	1,0
		Classe 2	0,9
		Classe 3	0,9
		Classe 4	0,7
c) Disponibilidade hídrica local (Vazão Total de Demanda/Vazão de Referência) Vazão de Ref = Vazão Q _{7,10} +Vazão Potencial dos Aquíferos	X ₃	Muito crítica (acima de 0,8)	1,0
d) Volume captado, extraído ou derivado e seu regime de variação.	X ₅	Sem medição Com medição	1,0
e) Consumo efetivo ou volume efetivo	X ₆		1,0
f) Finalidade de uso	X ₇	Sistema público	1,0
		Solução Alternativa	1,0
		Indústria	1,0
g) Transposição de Bacia	X ₁₂	Existente	1,0
		Não existente	1,0

Fonte: Deliberação conjunta PCJ 48/2006

De acordo com a Resolução poderá ser proposto um ponderador que contemple um dos pontos destacados, no caso deste trabalho considera para a captação da água para o uso rural, segundo a Resolução CNRH nº 48/2005, as práticas de racionalização, conservação, recuperação e manejo do solo e da água, condições técnicas, econômicas, sociais e ambientais existentes e sustentabilidade econômica da cobrança por parte dos segmentos usuários.

2.4.5.4.3 - Metodologia da Cobrança Federal

Através de levantamento das bases legais de cobrança e consulta a legislações vigentes federais e estaduais foi estabelecido um estudo das bases técnicas para discussão das tabelas e coeficientes propostos para o cálculo da cobrança.

O equacionamento para o cálculo da cobrança, aplicada ao setor rural, consta em artigos definidos pela Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ nº 78/07 (Comitês

PCJ, 2007) que aprova propostas de revisão dos mecanismos e de ratificação dos valores para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. A seguir foram destacados alguns artigos:

No Artigo 2º, a cobrança pela captação de água será feita de acordo com a Equação (1).

No Artigo 3º, a cobrança pelo consumo de água, exceto para irrigação, será feita de acordo com a Equação 5:

$$Valor_{cons} = (Q_{capT} - Q_{lançT}) \times PUB_{cons} \times (Q_{cap} / Q_{capT}) \quad (5)$$

na qual: $Valor_{cons}$ = Pagamento anual, em R\$, pelo consumo de água;

Q_{cap} = Volume anual de água captado, em m^3 , (igual ao $Q_{cap\ med}$ ou igual ao $Q_{cap\ out}$, se não existir medição, em corpos d'água de domínio da União);

Q_{capT} = Volume anual de água captado total, em m^3 , (igual ao $Q_{cap\ med}$ ou igual ao $Q_{cap\ out}$, se não existir medição, em corpos d'água de domínio da União, dos Estados mais aqueles captados diretamente em redes de concessionárias dos sistemas de distribuição de água);

$Q_{lançT}$ = Volume anual de água lançado total, em m^3 , (em corpos d'água de domínio dos Estados, da União ou em redes públicas de coleta de esgotos);

PUB_{cons} = Preço Unitário Básico para o consumo de água.

No Artigo 4º, para o caso específico da irrigação, a cobrança pelo consumo de água será feita de acordo com a Equação 6:

$$Valor_{cons} = Q_{consIrrig} \times PUB_{con} \quad (6)$$

na qual: $Valor_{cons}$ = Pagamento anual, em R\$, pelo consumo de água;

$Q_{cons\ irrig}$ = Volume anual de água consumido na irrigação, em m^3 , calculado conforme definido na equação 7;

PUB_{cons} = Preço Unitário Básico para o consumo de água.

O valor de " $Q_{cons\ irrig}$ " definido anteriormente será calculado pela Equação 7:

$$Q_{consIrrig} = Q_{cap} \times K_{consumo} \quad (7)$$

na qual: Q_{cap} = Volume anual de água captado, em m^3 ;

$K_{consumo}$ = Coeficiente que visa, no caso da irrigação, quantificar o volume de água consumido, considerado com base nos valores de eficiência de referência estabelecidos na Resolução ANA nº 707/2004, conforme dado na Tabela 4:

Tabela 4 – $K_{consumo}$ referentes à eficiência de cada sistema da irrigação

Sistema de irrigação	$K_{consumo}$
Gotejamento	0,95
Microaspersão	0,90
Pivô Central	0,85
Tubos perfurados	0,85
Aspersão Convencional	0,75
Sulcos	0,60
Inundação	0,50

Na ausência da informação do sistema de irrigação, será adotado o valor de $K_{consumo}$ igual a 0,5 (cinco décimos).

No Artigo 5º, a cobrança pela captação e pelo consumo de água para os usuários de recursos hídricos definidos no inciso III do artigo 5º do Regimento Interno do PCJ federal, aqui denominados de usuários do setor rural, será efetuada de acordo com a Equação 8:

$$Valor_{rural} = (Valor_{cap} + Valor_{cons}) \times K_t \quad (8)$$

na qual: $Valor_{rural}$ = Pagamento anual pela captação e pelo consumo de água para usuários do setor Rural;

$Valor_{cap}$ = Pagamento anual pela captação de água, calculado conforme metodologia definida no Art. 2º, citado anteriormente;

$Valor_{cons}$ = Pagamento anual pelo consumo de água, calculado conforme metodologias definidas nos artigos 3º e 4º, conforme o tipo de uso;

K_t = Coeficiente que leva em conta as boas práticas de uso e conservação da água no imóvel rural onde se dá o uso de recursos hídricos.

Para os usuários de recursos hídricos que não se enquadram dentre os irrigantes, o valor do K_t será igual a 0,1 (um décimo), ressalvada nova proposta dos Comitês PCJ.

Para os usuários de irrigação, o K_t visa levar em conta a tecnologia de irrigação adotada, conforme a Tabela 5:

Tabela 5 – K_t adotado para cada tecnologia da irrigação

Sistema de irrigação	K_t
Gotejamento	0,05
Microaspersão	0,10
Pivô Central	0,15
Tubos perfurados	0,15
Aspersão Convencional	0,25
Sulcos	0,40
Inundação	0,50

Na ausência da informação do Sistema de Irrigação, será adotado o valor de K_t igual a 0,5 (cinco décimos).

Essa metodologia é adotada, atualmente para definir o valor a ser pago pelo uso da água nas Bacias do PCJ, nos rios sob domínio da União.

A equação do cálculo final do valor da cobrança pelo uso dos recursos hídricos no setor rural poderá passar por aperfeiçoamento através das propostas de metodologia para a inserção de coeficientes ponderadores que incorporem o custo de produção dos grupos de culturas exploradas economicamente.

2.5 - Comitês de Bacias PCJ

As Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá - Bacias PCJ abrangem uma área de 15.304 km², sendo 92,6% de sua extensão localizada no Estado de São Paulo e 7,4% no Estado de Minas Gerais. Compreendem as áreas de 76 municípios dos quais 61 têm sede nas áreas de drenagem da região, destes, 57 estão no Estado de São Paulo e 4 em Minas Gerais (CBH-PCJ, 2011).

As Bacias PCJ estão entre as que apresentam elevado desenvolvimento econômico e renda “per capita” do Brasil. O PIB representa cerca de 5% do Produto Interno Bruto, sendo que o PIB do estado de São Paulo é de 30% do índice brasileiro.

Com uma população de cerca de 5,3 milhões de habitantes, a região compreende sete sub-bacias principais: a sub-bacia do rio Piracicaba e as de seus afluentes, os rios Corumbataí, Jaguari, Camanducaia e Atibaia; e ainda, as áreas que correspondem às drenagens dos rios Capivari e Jundiaí.

A distribuição das demandas de uso da água entre os setores urbano, industrial, rural e outros usos para o ano de 2010 foi de 52,62% para uso urbano, 24,87% para o industrial, 19,5% uso rural e 3% para outros fins, caracterizando as Bacias PCJ como intensamente urbanizada.

Segundo o Relatório de Situação 2011, o Comitê de bacias é um novo tipo de organização institucional brasileira e é nos comitês que se promove a participação do Poder Público, dos Usuários e das Comunidades, na gestão dos recursos hídricos, atuando como um Parlamento das Águas, permitindo a descentralização das tomadas de decisões pelos governos federal e estaduais, no qual seus componentes se reúnem para discutir e decidir sobre as questões relativas à gestão e usos múltiplos dos recursos hídricos de sua área de atuação, além de dar prioridades na aplicação de recursos financeiros.

Tratam-se de organismos com poderes oficiais do Estado e que têm em seus Planos de Bacia, devidamente aprovados, como importante instrumento de gestão, que constam as ações a serem executadas, seus custos e prazos.

A gestão de recursos hídricos no âmbito dos Comitês PCJ desenvolve-se através de sua Secretaria Executiva e da Agência de Água PCJ, bem como pelos Grupos de Acompanhamento (GA's), Grupos Técnicos (GT's) e doze Câmaras Técnicas (CT's) com funções consultivas.

As Câmaras Técnicas são criadas por deliberação dos Plenários dos Comitês, para um determinado fim e são regidas por normas gerais instituídas pelo Plenário e por seus respectivos Regimentos Internos.

A deliberação que cria a Câmara Técnica fixa suas atribuições específicas, sua composição e, se necessário, o tempo de duração de determinados trabalhos. As Câmaras Técnicas são equipes colegiadas, de caráter consultivo, podendo ser permanentes ou transitórias, compostas por membros representantes de órgãos ou

entidades com ou sem participação nos Plenários dos Comitês PCJ, formalmente indicados.

A Câmara Técnica de Uso e Conservação da Água no Meio Rural (CT- Rural) foi criada para propor uma Política para Uso e Conservação da Água no Meio Rural para os Comitês PCJ, auxiliar na consolidação, avaliação, acompanhamento e divulgação da implementação da Política para o uso e conservação da água no meio rural, das ações decorrentes de sua aplicação.

A CT – Rural tem como algumas de suas atribuições: propor uma Política para Uso e Conservação da Água no Meio Rural; auxiliar na consolidação, avaliar e acompanhar a implementação da Política para o Uso e Conservação da Água no Meio Rural; auxiliar na divulgação da Política para o Uso e Conservação da Água no Meio Rural e das ações decorrentes de sua aplicação nos diversos segmentos da sociedade, inclusive em fóruns, congressos e outros eventos do gênero; estudar, discutir e promover discussões sobre o uso sustentável dos recursos hídricos no meio rural e propor diretrizes e ações conjuntas e promover a integração e a otimização de procedimentos entre as instituições que atuam no meio rural visando à preservação, conservação e uso sustentável dos recursos hídricos.

Em uma das reuniões da CT-Rural foi apresentado estudo sobre o impacto financeiro da cobrança nas Bacias PCJ no setor rural, por não apresentar um cadastro de irrigantes, e, portanto, por não haver informações suficientes para a identificação das culturas mais “sensíveis” ao impacto, foi tomada como base a cultura do arroz (irrigada por inundação), que apresenta uma demanda hídrica média elevada e um baixo custo de produção. Com isso, foram definidos os valores de K_{rural} específicos para o setor da irrigação, associando-os às eficiências de referência da Deliberação ANA nº 707/2004, bem como obedecendo ao limite de 2% para o impacto financeiro da cobrança sobre os custos de produção da cultura do arroz (inundado) e, conseqüentemente, das demais culturas irrigadas nas Bacias PCJ. A proposta apresentada foi colocada em votação, sendo aprovada. A partir daí, no setor rural o impacto causado pela cobrança não deve ultrapassar 2% (CT-RURAL, 2007) sobre os custos de produção, nas Bacias PCJ.

2.6 - Grupos de culturas agrícolas

A agricultura é um dos maiores usuários de recursos hídricos e tem seu papel primordial de produzir alimentos garantindo a segurança alimentar. Outra função fundamental, na discussão sobre recursos hídricos é o papel da área rural de possibilitar a infiltração da água no solo e por meio de práticas conservacionistas, preservar os recursos naturais.

Os setores de produção agrícola brasileiro são bastante diversificados, quanto à variedade de culturas exploradas comercialmente, isso ocorre devido, principalmente à variabilidade climática, disponibilidade de área e recursos hídricos, tecnologias, questões de tradições locais, entre outros. Possibilitando a diferenciação em alguns setores por meio da capacidade produtiva e de pagamento e/ou rentabilidade.

A fruticultura, os grãos, a olericultura, a floricultura, a pastagem e o cultivo protegido, entre outros, são alguns dos setores de produção que se diferenciam por apresentam características distintas quanto ao custo de produção, demanda por água, valor agregado ao produto final, mercado consumidor, região geográfica, entre outros. Por tais características é possível diferenciá-las, nesse contexto, principalmente quanto à demanda por água que está diretamente relacionada à área explorada pelo sistema radicular e ao custo de produção associado a cada cultura.

Alguns setores apresentam alta capacidade de agregação de valor ao produto final e atingem bons preços de mercado, indicando, com isso, maior capacidade de pagamento, como exemplo, o setor da floricultura que é capaz de obter alta produção em pequenas áreas (ambiente protegido) e outras como olerícolas, frutíferas. Enquanto isso, setores completamente diferentes como o de produção de grãos apresenta baixo valor de mercado na maior parte do ano. Com isso, é necessário a diferenciação dos valores da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, considerando, especificamente o custo de produção dos setores agrícola.

Sabe-se, que a maioria dos agricultores tem faixa de rentabilidade muito baixa, mas alguns setores podem pagar mais pela água utilizada na irrigação. A variação da rentabilidade está diretamente relacionada com as variações climáticas locais e/ou econômicas (mercado comprador e consumidor) inerentes ao próprio setor rural.

O consumo hídrico da agricultura é baseado nas condições climáticas nas quais as plantas são cultivadas e principalmente pela capacidade de consumo das plantas que podem ser representadas pelo comprimento do seu sistema radicular e pela área ocupada no solo.

Segundo a Allen et al. (1998) por intermédio do documento “FAO – Irrigation and Drainage Paper 56”, as forças que agem sobre a água do solo, a torna menos disponível para extração pelas raízes da planta, pela diminuição da sua energia potencial, quando o solo está úmido, a água tem uma energia potencial alta, está relativamente livre, podendo ser facilmente removida pelas raízes. Em solos secos, a água tem baixa energia potencial, sendo fortemente retidas por forças capilares e de adsorção à matriz do solo, que a torna menos removível pela cultura. Quando a energia potencial da água no solo está abaixo de um valor crítico, é dito que a cultura está com estresse hídrico.

Essa condição de estresse pode ser condicionada pela baixa disponibilidade de água na zona radicular, por isso os setores da agricultura podem ser divididos em grupos de culturas de acordo com a profundidade do sistema radicular e da capacidade de exploração de volume de solo, bem como por sua necessidade por água. O conteúdo de água no solo apresenta uma energia potencial de extração pelas raízes das plantas, quanto mais úmido mais facilmente é removida.

A disponibilidade de água às plantas depende da capacidade do solo para retê-la e da planta em absorvê-la, isto é, a capacidade de água disponível no solo representa a quantidade máxima de água que uma cultura pode extrair da sua zona radicular e cuja magnitude depende do tipo de solo e da profundidade efetiva do sistema radicular. Por isso, a aplicação excessiva não se justifica para uma maior produção agrícola.

A irrigação é fator decisivo para obtenção de alta produtividade e qualidade na produção agrícola, em muitos casos, os produtores são obrigados a adotarem esta técnica para garantir sua competitividade. Por outro lado, verifica-se a necessidade de implantação de medidas que venham a racionalizar o uso da água na agricultura, levando em conta que o setor é o maior usuário desse recurso.

Para que a aplicação de água seja eficiente, é fundamental o conhecimento adequado da demanda hídrica da cultura, que, por sua vez, é regulada por características intrínsecas ao solo e clima da região. Essa aplicação eficiente não envolve somente equipamentos modernos, mas também um manejo adequado do

sistema de irrigação, isto é, uma aplicação precisa de volume, com uma frequência adequada e em quantidade que a planta necessita para seu desenvolvimento.

Com isso, Allen et al. (1998) diferencia em grupos em função dos comprimentos máximos dos sistemas radiculares, denotando a área do solo ocupada pelas raízes que absorveram a água como apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Diferenciação dos grupos de culturas agrícolas

Grupos	Culturas
1 - Hortaliças Pequenas	Cenoura, Alho, Alface e Cebola
2- Hortaliças – Família das Solanáceas	Pimentão e Tomate
3- Hortaliças – Família das Cucurbitáceas	Melão, Pepino e Melancia
4 - Raízes e Tubérculos	Mandioca, Batata
5 - Leguminosas	Feijão, Amendoim e Soja
6 - Hortaliças perenes	Morango
7 - Cultivos Têxteis	Algodão
8 - Cultivos Oleaginosos	Mamona, Canola e Girassol
9 - Cereais	Trigo, Milho, Sorgo e Arroz
10 - Cana de Açúcar	
11 - Frutas Tropicais e Árvores	Banana, Cacau, Café, Palmito, Ananás (abacaxi), Seringueira e Mamão
12 - Uva	
13 - Árvores Frutíferas:	Maça, Pêssego, Abacate e Cítrico

Fonte: Allen et al. (1998)

Essa diferenciação dos grupos de cultura possibilita a definição da necessidade hídrica de cada grupo, dependendo do tipo de solo e condições climáticas (demanda atmosférica). Com a definição desses grupos, a estimativa do custo de produção adota a mesma divisão, partindo do princípio de que a vazão captada para uso na irrigação deve atender as exigências culturais e pode ser adequada quanto ao custo econômico de planejamento, instalação e manutenção dos sistemas de irrigação.

Na estimativa do diferencial para a cobrança relacionando com custos de produção dos grupos de cultura na agricultura irrigada considerou-se a utilização dos dados de custos de produção das principais grupos culturas exploradas no Brasil. E adotou o limite financeiro estabelecido pelas Bacias do PCJ, em que o valor cobrado da água não deve ultrapassar 2% do custo de produção.

O objetivo é incentivar o agricultor a substituir sistemas com baixa eficiência por outros com melhor aproveitamento da água. E estimular o uso da irrigação para otimizar os custos de produção, elevando a produtividade, qualidade do produto cultivado, melhoria na eficiência no uso de fertilizantes, possibilidade de fazer escala de colheita, uso mais intensivo do solo e possibilitar uma estabilidade no preço agrícola, através da produção na entressafra.

2. 7 – Custo de produção

A receita bruta da atividade agrícola é obtida pelo produto da produção média (em kg) pelo preço do produto do mercado. Sabendo que os produtos da agricultura sofrem grandes variações de preços, dificuldades de comercialização na safra, crédito muitas vezes, problemáticos, perecibilidade dos produtos, além da própria complexidade da produção devido ao local, tempo, espaço, clima, meio ambiente, solo, entre outros. São agravantes para dificultar a produção e comercialização dos produtos agrícolas.

Os riscos inerentes à atividade agrícola são de caráter bioclimático ou econômico, e estão relacionados à ocorrência de pragas e doenças, excesso ou escassez de umidade e problemas de mercado de insumos e produtos, entre outros, que influenciam nos resultados econômicos ou financeiros de um investimento agrícola.

As propriedades rurais necessitam ampliar os seus investimentos financeiros, mas estes devem passar por avaliações de risco, pois profissionalizar as unidades produtoras é administrar a unidade de produção agrícola como uma unidade de negócio (ADAMI, 2010).

Como qualquer investimento em atividades produtivas, o investimento na atividade agrícola compromete considerável volume de capital, que, embora sinalize com probabilidade de retorno satisfatório, fica sob determinada probabilidade (indesejada) sujeito a perda parcial ou total.

Para a atividade agrícola pode-se descrever ao menos cinco riscos de investimentos: risco de preços (de produto e insumos), risco de produção, risco de renda, risco financeiro e risco institucional (USDA, 2006 apud ADAMI, 2010).

O risco de preços ou de mercado deve-se à variabilidade dos preços dos produtos e insumos agrícolas que, muitas vezes, são determinados de acordo com a oferta e demanda global. Portanto, mudanças não antecipadas nas condições de oferta e de demanda podem causar variações inesperadas nos preços recebidos pelos produtos e nos preços pagos pelos insumos agrícolas com possível efeito indesejável na forma de queda nos termos de troca dos produtores.

O risco de produção está associado a eventos que possam afetar negativamente a produtividade da atividade agrícola de forma a provocar redução na produção esperada pelos produtores. Normalmente é causada por fatores que o produtor não pode prever nem controlar eficazmente, no caso das variáveis ambientais como alterações climáticas (secas e enchentes, por exemplo), pragas e doenças nas plantas e animais.

O risco de renda decorre de alterações conjuntas na quantidade produzida, nos preços recebidos pelos produtores e nos preços pagos pelos insumos (fertilizantes, defensivos, óleo diesel, etc.). O efeito sobre a renda é uma combinação da variabilidade de todos os fatores conjuntamente.

O risco financeiro é representado por uma evolução desfavorável e inesperada do fluxo de caixa do negócio, que pode resultar de comportamento desfavorável dos mercados, ou da produção – e, portanto, da renda do produtor rural. Resulta um perfil impróprio daquele fluxo, com consequências sobre a capacidade de pagamento do empreendimento. Variações não antecipadas na forma de altas nas taxas de juros e corte na oferta de crédito podem agravar uma situação já difícil. Esses fatores têm potencial de prejudicar a sustentabilidade da atividade, no sentido de manutenção do negócio, com perdas significantes do patrimônio do produtor rural.

De acordo com Adami (2010), deve-se considerar ainda que os governos Federal e Estadual podem mudar leis e regulamentos, tais como leis tributárias e ambientais e alterar programas de commodities agrícolas causando risco institucional que os produtores não conseguem prever. Assim, diferentes sistemas de produção possuem custos diferenciados e podem apresentar diferentes exposições de risco.

O custo de produção agrícola é uma ferramenta importante de controle e gerenciamento das atividades produtivas e de geração de informações para subsidiar as tomadas de decisões pelos produtores rurais e, também, de formulação de estratégias pelo setor público.

A determinação do custo da produção agrícola serve não somente como um componente relevante para a análise da rentabilidade da unidade de produção, mas também como parâmetro de tomada de decisão e de capitalização do setor.

Reis (2007 apud CONAB, 2010) especifica o custo de produção como a soma dos valores de todos os recursos (insumos e serviços) utilizados no processo produtivo de uma atividade agrícola, em certo período de tempo e que podem ser classificados em prazos. Os custos de produção são divididos, simplificadaamente, em insumos, que são os produtos necessários para a produção incluindo adubos, sementes, produtos químicos, entre outros e serviços, que são as práticas específicas para cada cultura, como a adubação, poda, preparo de solo e colheita.

Para administrar com eficiência e eficácia uma unidade produtiva agrícola, é imprescindível, dentre outras variáveis, o domínio da tecnologia e do conhecimento dos resultados dos gastos com os insumos e serviços em cada fase produtiva da lavoura, que tem no custo um indicador importante das escolhas do produtor (CONAB, 2010).

O ideal é que ocorra a maximização da produção para um dado custo total ou minimizar o custo total para um dado nível de produção.

Os custos de produção são divididos em dois tipos, os custos variáveis que é a parcela dos custos que dependem da produção e por isso mudam com a variação do volume de produção. Representam as despesas realizadas com os fatores variáveis de produção. E os custos fixos correspondem às parcelas dos custos que independem da produção, são decorrentes dos gastos com os fatores fixos de produção. O custo total é a soma dos custos fixos totais e variáveis totais.

Segundo Frizzzone (2005) existem dois enfoques na determinação dos custos: custos operacionais e custos totais de produção. O custo operacional é uma aproximação do custo variável, definido na teoria econômica como fatores variáveis (atribuição de um valor aos serviços prestados pelos fatores de produção variáveis).

Em termos de orçamento de custo, representa a previsão de quanto deverá custar ao produtor o uso dos recursos estabelecidos nos orçamentos (serviços de

mão-de-obra, de operação, de máquinas, equipamentos, implementos, insumos como sementes, fertilizantes, corretivos, defensivos, água, etc).

O custo operacional efetivo são as despesas com operações como pagamento de salários; gastos com máquinas, equipamentos agrícolas convencionais, implementos, utensílios e equipamentos de irrigação (energia, óleo, graxa, manutenção, conservação e reparos, combustível, lubrificantes, etc), manutenção de benfeitorias, tratamento do produto (recepção, limpeza e embalagem), assistência técnica e transporte externo. E as despesas com insumos como sementes, fertilizantes, corretivos, defensivos, água, sacaria, etc. Ocorre ainda a depreciação de máquinas e equipamentos e os juros bancários.

Enquanto que, o custo total de produção, para fins de análise econômica, é definido como a soma dos valores de todos os serviços produtivos dos fatores aplicados na produção de uma dada mercadoria. Nesse custo inclui os serviços e respectivas remunerações dos fatores fixos e variáveis. Os principais itens são o custo variável por meio das despesas diretas com operação (mão-de-obra, mecanização, energia, combustível), insumos (fertilizantes, defensivos, água, etc), transporte interno, encargos financeiros, seguros e taxas específicas. As despesas indiretas com administração, conservação, manutenção e reparos de instalações, equipamentos e máquinas. Os custos fixos são as despesas diretas como a depreciação de benfeitorias, instalações, equipamentos e máquinas específicas e as despesas indiretas de depreciação de benfeitorias, instalações, equipamentos e máquinas utilizadas em mais de uma exploração, despesas gerais fixas; e a remuneração aos fatores que inclui os juros sobre capital fixo (máquinas, equipamentos, instalações, culturas perenes e animais de produção) e capital circulante, terra e empresário.

Em termos econômicos, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2010), os componentes do custo são agrupados, de acordo com sua função no processo produtivo, nas categorias de custos variáveis, custos fixos, custo operacional e custo total.

Nos custos variáveis são agrupados todos os componentes que participam do processo, na medida em que a atividade produtiva se desenvolve, ou seja, aqueles que somente ocorrem ou incidem se houver produção. Enquadram-se os itens de custeio, as despesas de pós-colheita e as despesas financeiras. Nos custos fixos, enquadram-se os elementos de despesas que são mantidos pelo produtor,

independentemente do volume de produção, tais como depreciação, seguros e outros.

O custo operacional é composto de todos os itens de custos variáveis (despesas diretas) e a parcela dos custos fixos diretamente associados à implementação da lavoura. Difere do custo total apenas por não contemplar a renda dos fatores fixos, considerada como remuneração esperada sobre o capital fixo e sobre a terra.

O custo total de produção compreende o somatório do custo operacional mais a remuneração atribuída aos fatores de produção. Numa perspectiva de longo prazo todos esses itens devem ser considerados na formulação de políticas para o setor. Considerando os critérios de organização, citado anteriormente, os itens que compõem o custo de produção agrícola são reunidos na Tabela 7:

Tabela 7 - Itens que compõem o custo de produção, segundo a CONAB

A - CUSTO VARIÁVEL		
I - Despesas de custeio da lavoura	II - Despesas pós-colheita	III - Despesas financeiras
Operação com máquinas e implementos	Seguro agrícola	Juros
	Transporte externo	
Mão de obra e encargos sociais e trabalhistas	Assistência técnica e extensão rural	
Sementes	Armazenagem	
Fertilizantes	Despesas administrativas	
Agrotóxicos		
Despesas com irrigação		
Despesas administrativas		
B - CUSTO FIXO		
IV – Depreciações e exaustão	V - Outros custos fixos	
Depreciação de benfeitorias e instalações	Mão de obra e encargos sociais e trabalhistas	
Depreciação de máquinas	Seguro do capital fixo	
Depreciação de implementos		
Exaustão do cultivo		
C - CUSTO OPERACIONAL (A + B)		
VI - Renda de fatores		
Remuneração esperada sobre capital fixo		
Terra		
D - CUSTO TOTAL (C + VI)		

Fonte: CONAB, 2010

Os custos de produção, adotados no trabalho, foram obtidos do Anuário da Agricultura Brasileira de 2011 (Agrianual, 2011) e a descrição das atividades relacionadas ao custo total de produção foram subdivididas de acordo com a Tabela 8:

Tabela 8 – Descrição dos itens do custo de produção total, segundo Agrianual

Operações mecanizadas	Operações Manuais	Insumos	Administrativo
Preparo de solo: Aração Gradagem Subsolagem Calagem Encanteiramento Sulcamento	Preparo de solo: Calagem Aplicação de dessecante	Fertilizante/ corretivo Cálcario Dolomítico Esterco Adubo NPK e micro	Arrendamento Administrador/Auxiliares Assistência técnica Contabilidade/ Escritório Luz/telefone Impostos/taxas Viagens
Plantio Preparo de canteiros Distribuição de adubos	Plantio Semeadura Transplântio Seleção e tratamento de sementes Abertura de cova Estaqueamento Amarração	Sementes/mudas Sementes Bandejas Substrato	
Tratos culturais Adubação básica Aplicação de esterco Adubação de cobertura Aplicação de defensivos Roçagem	Tratos culturais Adubação básica Aplicação de esterco Adubação de cobertura Pulverização Controle de ervas Capinas Desbrotas Desbaste	Defensivos agrícolas Fungicida Inseticida Acaricida Herbicida Espalhante adesivo	
Colheita Colheita e Classificação Transporte Arranquio/recolhimento/transbordo	Colheita Colheita e Classificação		
Irrigação Irrigação	Irrigação Irrigação no viveiro Irrigação		

Fonte: Agrianual (2011)

2.8 - Custo de produção e sistema de irrigação

A irrigação é uma operação agrícola que tem como objetivo suprir artificialmente a necessidade de água da planta. O empreendimento de irrigação é o conjunto de obras e atividades que o compõem, tais como: reservatório e captação, adução e distribuição de água, drenagem, caminhos internos, bem como qualquer outra ação indispensável à obtenção do produto final com o uso do sistema de irrigação.

Tendo em vista que o custo de produção tem relação direta com as variáveis que caracterizam a uso de determinado método de irrigação, seus componentes e o uso da água, torna-se necessário ter acesso a informações que sustentem tecnicamente o cálculo do custo. Para tanto, deve-se conhecer aspectos ligados a clima, solo, turno de rega, topografia, método e conjunto de irrigação, legislação e normas existentes, regras de cobrança e isenção de pagamento do uso da água, etc.

Segundo a CONAB (2010), a inclusão da cobrança no custo de produção depende da existência do pagamento pelos produtores e obedece ao quantitativo utilizado de água para cada tipo de cobrança (outorga, captação, consumo e efluentes) e os valores destacados pelos respectivos órgãos responsáveis pela cobrança. O cálculo será a soma dos gastos com a outorga, a captação, o consumo e os efluentes, dividido pela produtividade da cultura.

No caso do não-pagamento do uso da água pelos produtores, o custo de produção registrará apenas o gasto com o conjunto de motobomba e/ou motores utilizados (hora máquina^{-1}), depreciação, manutenção, seguro e remuneração do investimento no conjunto de irrigação.

Quando se discute a agricultura irrigada e a cobrança pelo uso da água deve se considerar, além dos custos de produção, os custos relativos aos sistemas de irrigação. Estes se diferenciam na cobrança pela eficiência na aplicação de água, mas se distinguem também quanto os custos dos iniciais e de manutenção dos sistemas.

O custo do sistema de irrigação depende de inúmeros fatores, dentre os quais, nível de automação, qualidade dos equipamentos e tamanho da área a ser irrigada. Segundo Marouelli e Silva (2011) o custo inicial dos sistemas englobam os custos para aquisição e instalação, incluindo os custos para captação,

bombeamento e condução da água até a área a ser irrigada, bem como para adequação ou sistematização do terreno ao sistema de irrigação, quando necessário.

Em termos gerais, os sistemas superficiais têm custo médio de 2.500 R\$ ha⁻¹, por aspersão de 5.000 R\$ ha⁻¹ e os localizados de 10.000 R\$ ha⁻¹, como pode ser observado na Tabela 9. Os custos de sistemas tipo pivô central, para áreas inferiores a cinco hectares e aspersão convencional fixo podem ultrapassar 15.000 R\$ ha⁻¹, enquanto o sistema de gotejamento automatizado para estufas podem superar 30.000 R\$ ha⁻¹.

Tabela 9 – Métodos e sistemas de irrigação, custo inicial (R\$ ha⁻¹) e manutenção (% do custo inicial)

Método	Sistema	Custo inicial (R\$ ha⁻¹)	Manutenção (% do custo inicial)
Superficial	Sulco	1.500 – 4.000	
	Inundação	1.500 – 3.500	
Aspersão	Convencional (portátil)	2.000 – 4.500	2,0 – 5,0
	Pivô Central	4.500 – 9.000	4,0 – 6,0
Localizado	Gotejamento	7.000 – 18.000	2,0 – 6,0
	Microaspersão	5.000 – 15.000	1,0 – 4,0

Fonte: Marouelli e Silva, 2011

Os custos variáveis anuais (custeio) incluem-se os operacionais, de manutenção e adicionais associados ao uso da irrigação e todos os demais custos variáveis para a produção.

De acordo com Marouelli e Silva (2011) o custo operacional do sistema de irrigação engloba as despesas com energia elétrica, combustível, mão-de-obra e água. Energia elétrica ou combustível é usada por motores de bombas hidráulicas e dispositivos de deslocamento de sistemas mecanizados. O consumo de energia com bombeamento, que depende da potência necessária para irrigação, é maior nos sistemas por aspersão, em função da maior pressão de serviço.

O custo de mão-de-obra diz respeito às despesas com salários e encargos sociais para todas as atividades envolvidas na operacionalização do sistema de irrigação. O trabalho requerido para operar o sistema depende de fatores como tipo

de sistema, grau de automação, tipo de cultura, frequência e lâmina de irrigação, e tamanho dos setores a serem irrigados por vez. Os sistemas por sulco e por aspersão convencional portátil são aqueles que requerem maior uso de mão-de-obra ($1,0\text{-}5,0\text{ h ha irrigada}^{-1}$), enquanto os sistemas por gotejamento e pivô central, a demanda é reduzida ($0,1\text{-}1,0\text{ h ha irrigada}^{-1}$).

Os custos de manutenção englobam todas as despesas com os serviços e os reparos necessários para assegurar condições para o perfeito funcionamento do sistema, incluindo-se peças de reposição e lubrificantes. Depende do número de horas de operação do sistema, condições ambientais, qualidade de manutenção e custos de peças de reposição. Em termos gerais, esses custos são mais altos em sistemas pivô central e gotejamento, intermediários nos sistemas por aspersão convencional e por microaspersão, e menores nos sistemas superficiais.

Quando dados locais não são disponíveis, o custo anual de manutenção pode ser calculado como fração do valor de compra do sistema ou equipamento (Tabela 9). Os custos adicionais representam as despesas decorrentes do aumento da produção proporcionados pela adoção da irrigação, tais como despesas com a colheita, transporte, comercialização, dentre outros (MAROUELLI e SILVA, 2011).

A CONAB, no sentido de subsidiar estudos de melhoria de programas e políticas públicas, poderá solicitar informações relacionadas com o valor outorgável (volume ou vazão) e o tempo de uso estipulado para o produtor; a constituição do comitê de bacia hidrográfica ou da situação em que se encontra o processo de formação do comitê e os órgãos de gestão hídrica no local ou região; a aprovação pelo Conselho de Recursos Hídricos dos procedimentos de cobrança da captação, consumo e efluentes e das situações consideradas como excepcionais para a não cobrança da água ao produtor; o plano de gerenciamento de águas da bacia hidrográfica, as informações acerca do manejo dos recursos ambientais, principalmente quanto ao zoneamento econômico ecológico, ao plano de proteção de áreas frágeis, à existência de unidades de conservação e de plano de manejo do solo, água e vegetação (disciplinamento do uso e ocupação do solo); a qualidade da água utilizada para irrigação; as informações acerca do despejo de efluentes nos cursos de água que possam trazer prejuízos na qualidade da água utilizada para irrigação (nitrogênio e fósforo, principalmente); a situação de assoreamento dos corpos de água que venham refletir no impedimento do uso da irrigação local/regional; e o projeto de irrigação, principalmente quanto aos métodos utilizados

para definição do conjunto de irrigação para a cultura (variáveis de solo, clima, topografia, método de irrigação, quantidade e custo da água, etc).

Esses aspectos sugeridos por uma instituição como a CONAB, que pela sua atuação e importância na agricultura, em âmbito nacional como responsável no governo federal em implementar e executar instrumentos de sustentação de preços agropecuários, como a Política de Garantia de Preços Mínimos, é destaque na promoção da gestão dos recursos hídricos.

Silva (2007) testou a magnitude dos impactos financeiros da aplicação da metodologia da eficiência de sistemas de irrigação, de acordo com Resolução ANA nº 707/2004, e foram confrontados os valores da cobrança com os custos de produção para as culturas irrigadas nas Bacias PCJ. O impacto financeiro, em percentagem, foi calculado pela relação entre o Valor Rural pago sobre o Custo de Produção. Segundo o autor, as informações demonstram que os impactos nos custos de produção são baixos, o que ocorre devido à contemplação na análise dos impactos financeiros sobre a rentabilidade dos agricultores. Dessa maneira é possível afirmar que a cobrança, a princípio, não cumpra verdadeiramente com a sua finalidade de estimular os usos mais racionais.

2.9 – Métodos de irrigação

Os vários métodos de irrigação existentes possuem eficiências que variam de acordo com diversos fatores, sendo que o manejo da irrigação é um dos mais importantes. Entretanto, isso não significa que um método seja melhor que outro pelo fato de ser mais eficiente em termos de aplicação de água, cada método possui suas vantagens e desvantagens e se ajustam a diferentes situações.

Na seleção de métodos de irrigação é necessário o conhecimento da eficiência de cada sistema na aplicação de água. A eficiência da irrigação 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 as perdas de água devido ao escoamento superficial, evaporação, deriva e drenagem profunda, maior será a eficiência de irrigação de um sistema.

Os métodos de irrigação variam de acordo com a forma de aplicação de água nos cultivos, com isso, a eficiência se altera, no método de superfície a eficiência fica

entre 40 e 75 %, para o método por aspersão é de 60 a 85% e o de localizada varia de 80 a 95%.

Conforme Folegatti et al. (2010), as distribuição dos métodos de irrigação no Brasil, pode ser apresentado no Gráfico 1, no qual as áreas irrigadas são mostradas nas diferentes regiões administrativas, na região Sul está a maior área irrigada por inundação (85%), para os demais métodos estudados (sulcos, pivô central, aspersão (sem pivô), localizada e outros métodos) observa-se que a região Sudeste apresenta as maiores áreas irrigadas, seguido pela região Nordeste.

Fonte: Folegatti et al., 2010

Figura 1 – Área irrigada pelos diferentes sistemas de irrigação por regiões brasileiras

Por um conceito conservacionista, a irrigação é a aplicação de água no solo, através de métodos adequados a um determinado tipo de solo e declive do terreno, com o propósito de aumentar economicamente a produção sem os inconvenientes da erosão, acúmulo de água por estagnação e perdas por percolação e escoamento superficial. De acordo com o conceito econômico, a irrigação constitui uma alternativa tecnológica para a melhoria da produtividade das culturas, resultando no máximo retorno econômico. A irrigação visa ainda à produção ótima (a melhor para as condições particulares do ambiente) de alguma parte útil do vegetal.

É uma tecnologia que demanda alto investimento inicial, em alguns casos tem alto custo operacional, em função dos gastos com energia para o bombeamento da água e da mão-de-obra para o manejo dos equipamentos.

Segundo Rezende et al,(2011) o principal objetivo de um sistema de irrigação é proporcionar condições para se produzir economicamente, o que se consegue pelo aumento da produtividade e redução dos custos por unidade produzida.

2.9.1 – Irrigação localizada

A irrigação localizada compreende a aplicação de água em apenas uma fração da área cultivada sobre a superfície do solo, em alta frequência e baixo volume, mantendo o solo na zona radicular das plantas sob alto regime de umidade.

O método apresenta vantagens na economia de água, pois irriga uma pequena fração da área cultivada, promovendo a redução das perdas por evaporação na superfície do solo e risco de escoamento superficial e controla a perda de água por percolação profunda. Como o sistema mantém um alto potencial de água no volume de solo que contém o sistema radicular, sem restrições de aeração, evitando os efeitos de estresse hídrico na planta, aumenta o potencial de aumentar a produção.

Possibilita a prática de quimigação, que consiste na aplicação de produtos químicos (fertilizantes, inseticidas, fungicidas) via água de irrigação, o que acarreta uma redução na mão-de-obra e na quantidade de insumos, aumentando a eficiência de aplicação.

O uso do método reduz o risco de salinidade, através de diluição da concentração de sais na solução do solo como consequência do alto teor de água mantido na zona da raiz, nesse caso, água não tem contato com as folhas e ocorre o deslocamento dos sais da região de atividade das raízes.

O sistema instalado não interfere na execução dos tratos culturais, pois permite o movimento de máquinas e implementos na área. Permite uma economia de mão-de-obra, devido ao fato do sistema ser fixo e ter a possibilidade de ser automatizado. Outras vantagens, ainda é a facilidade do controle fitossanitário, pois não molha a parte aérea das plantas, evitando que os defensivos sejam “lavados”, e facilita o controle de plantas daninhas, enquanto desestimula seu crescimento, reduzindo o uso de mão-de-obra e defensivos químicos e adapta-se a diferentes tipos de solos e topografia.

As limitações apresentadas na utilização do método localizado de irrigação como, permanente necessidade de manutenção, pois ocorre obstrução de emissores

(entupimento: algas, Fe, areia, entre outros), rompimento em tubulações e acessórios, danos provocados por roedores em tubulações e manutenção periódica de válvulas e acessórios.

Outra desvantagem é a possibilidade de limitar o desenvolvimento do sistema radicular, pois muitos fatores podem afetar a redistribuição de água no solo, isto é, a dimensão do bulbo molhado e o desenvolvimento radicular, sendo eles relativos ao solo: textura, estrutura, velocidade de infiltração, compactação; relativos ao manejo de quantidade e frequência da irrigação e relativos ao projeto do sistema, através do número de emissores por planta, localização e vazão dos emissores.

Como adoção do sistema localizado pode se promover um acúmulo de sais próximo às plantas, o sal tende a acumular na superfície do solo, especialmente na periferia do volume de solo molhado, e quando ocorre à precipitação, pode conduzi-lo para dentro da zona radicular causando estresse à planta e quando comparado a outros sistemas apresenta um elevado custo inicial.

2.9.2 – Irrigação por superfície

A irrigação por superfície é compreendida com os métodos de irrigação nos quais a condução da água do sistema de distribuição (canais e tubulações) até qualquer ponto de infiltração, dentro da parcela a ser irrigada, é feita diretamente sobre a superfície do solo. A irrigação por sulcos consiste da inundação parcial e temporária, por condução da água na superfície do solo.

As características do sistema de irrigação por sulcos de infiltração consistem no molhamento de 30 a 80% da superfície do solo, redução nas perdas por evaporação e possibilita ao irrigante manejar as irrigações a fim de atingir boas eficiências.

As vantagens referentes a esse sistema são o baixo custo de implantação e operação, de redução de consumo de energia, não interfere nos tratamentos fitossanitários e independem da altura das plantas.

Quanto às limitações apresentadas pode ser destacada a acentuada dependência das condições topográficas, inadequado para solos excessivamente permeáveis, adaptação da cultura ao sistema de irrigação, dimensionamento envolve ensaio de campo, o sistema é mais sujeito à interferência do irrigante e sua divulgação é limitada pela indústria e pelos técnicos. Por não molharem a parte

aérea das plantas, os sistemas superficiais pouco interferem na aplicação de agrotóxicos.

No uso do sistema ocorre ainda a existência de perdas de água por escoamento superficial no final do sulco, aumento no potencial de erosão da área, dificuldade do tráfego de equipamentos e tratores sobre os sulcos, acúmulo de sais entre sulcos, aumento do custo inicial devido à construção dos sulcos, exigência de mão-de-obra e de alguma especialização para se operar corretamente o sistema e dificuldades em se automatizar o sistema, principalmente com relação a aplicar a mesma vazão em cada sulco.

O sistema de irrigação por inundação consiste na aplicação da água na superfície do solo feita em tabuleiros ou bacias, que são áreas quase planas, de tamanho variado, limitadas por diques ou taipas.

O sistema é mais indicado para solos com baixa capacidade de infiltração e para culturas com raízes profundas e com pequeno espaçamento entre plantas. E seu uso não é recomendado em culturas sensíveis à saturação do solo na zona radicular e para solos que formem crosta na superfície. As lâminas de água são aplicadas de forma intermitente ou contínua e no projeto deve-se incluir as estruturas de drenagem da área.

Apresenta vantagens como a pouca perda d'água por escoamento superficial, uso de pouca mão-de-obra, o manejo de irrigação é fácil de ser operacionalizado no campo, possibilita um bom controle de ervas daninhas e permite o aproveitamento das águas da chuva.

A necessidade da sistematização da área para se atingir altas eficiências e uniformidade; dificuldade de trânsito das máquinas devido à presença das taipas; os diques altos e bem mantidos, ocupam junto com o sistema de distribuição de água áreas significativas de plantio; dimensões pequenas de muitos tabuleiros dificulta a mecanização; para se atingir níveis altos de eficiência é preciso utilizar altas vazões, sem causar erosão; pela presença da lâmina de água ocorre um aumento na incidência de insetos e o sistema não é adaptável a solos com alta capacidade de infiltração essas são as principais limitações do sistema por inundação.

2.9.3 – Irrigação por aspersão

A irrigação por aspersão é o método em que a água é aspergida, assemelhando-se a uma chuva sobre a folhagem da cultura e sobre o solo, devido ao fracionamento do jato d'água em gotas.

Os sistemas de irrigação por aspersão são: convencional portátil, semiportátil e fixo; autopropelido; deslocamento linear e pivô central.

A irrigação por aspersão dispensa a preparação do terreno (sistematização) necessária ao método de irrigação por superfície, esta vantagem pode proporcionar economia maior que os gastos correspondentes aos custos de aquisição e montagem de um sistema de irrigação por aspersão (REZENDE et al, 2011).

Na aspersão a água pode ser conduzida em tubulações, o que minimiza as perdas na rede de condução, antes da água ser aplicada na parcela, proporcionando economia de água e também por possibilitar alta eficiência de aplicação, podendo atingir 80%.

O método permite projetar um sistema de irrigação com intensidade de aplicação adequada à capacidade de infiltração do solo e declive do terreno, com isso reduz-se ao mínimo o risco de erosão, nesse caso, a taxa de aplicação de água e a lâmina aplicada podem ser facilmente ajustadas às exigências do solo.

Entre outras vantagens pode-se destacar a alta uniformidade de distribuição de água e bom aproveitamento do terreno, pois dispensa a distribuição de redes de canais na área. Possibilita economia de mão-de-obra, sendo máxima em sistemas completamente fixos, mas elevada em sistemas portáteis. Facilidade de operação e manejo, de modo geral é mais fácil, para o irrigante com pouca prática em irrigação, aprender a irrigar adequadamente por aspersão do que por outro sistema de superfície e o multiuso das instalações, como a realização de fertirrigação, controle de temperatura, tratamentos fitossanitários, etc.

As limitações referentes à aspersão são: alto custo inicial, de operação e de manutenção; Distribuição da água muito afetada pelo vento; Favorece o desenvolvimento de algumas doenças de plantas; Selamento da superfície de alguns solos argilosos e Imprópria para água com alto teor salino.

Na aspersão, alguns fatores afetam a eficiência de aplicação de água, sendo eles a variações no desempenho dos aspersores na linha lateral, variação da distribuição da água dentro do espaçamento do aspersor, efeito do vento sobre o

padrão de distribuição, perdas de água pela evaporação direta do jato e evaporação da água na superfície do solo e interceptado pela planta.

Os critérios de escolha do sistema de irrigação devem ser considerados na bacia na qual será instalada a área de plantio. Cabe ao agricultor solicitar o direito de uso através do outorga, mas a autorização de uso depende os órgãos responsáveis pela liberação do uso em função do sistema requerido, da área plantada e da disponibilidade hídrica da região hidrográfica.

De acordo com Rezende et al, (2011) quando se aplica a água no solo, via irrigação, com o objetivo de suprir a necessidade hídrica de uma determinada cultura, pode - se atingir benefícios por pressupor que a água consumida atinja um objetivo agrônomo. Esses benefícios incluem a evapotranspiração das culturas e plantas benéficas, a água contida no produto colhido e nos tecidos vegetais, a água utilizada para o plantio, germinação de sementes e aplicação de pesticidas e fertilizantes, mas à medida que a fração de água aplicada não cumpre objetivo agrônomo passa ter usos não benéficos, como a percolação profunda, escoamento superficial, evapotranspiração das ervas daninhas e deriva pelo vento além da área cultivada.

Esses usos não benéficos são considerados perdas no processo produtivo principalmente, do ponto de vista dos recursos hídricos, pois à medida que a água é captada no rio para produção agrícola e esta não cumpre o objetivo, passa a ser uma perda. Por isso, a necessidade da adoção de sistemas eficientes na aplicação de água para a máxima produção.

2.10 – Eficiência da irrigação

A eficiência atribuída aos sistemas de irrigação corresponde à fração do volume de água efetivamente utilizada pelas culturas em relação ao total captado na fonte de suprimento (REZENDE et al, 2011).

Segundo Maurelli, 2011, a eficiência de irrigação engloba a uniformidade com que a água é distribuída pelo sistema sobre a superfície do solo e as perdas de água durante a irrigação, seja por escoamento superficial, evaporação, deriva pelo vento e/ou drenagem profunda.

A aplicação da água via sistema de irrigação deve garantir a eficiência, os indicadores de eficiência representam frações do volume de água de irrigação que

são destinadas a determinadas funções. Esses indicadores são a base para a definição de certos parâmetros de desempenho dos sistemas (MELLO e SILVA, 2009).

De acordo com MELLO e SILVA, (2009) a eficiência de irrigação é função da quantidade de água aplicada pela irrigação e a realmente incorporada ao solo. Esse valor varia em função do sistema de irrigação empregado. A eficiência total de irrigação é função das eficiências de condução, de distribuição e a de aplicação, expressos em porcentagem.

A eficiência de condução (E_c) representa todas as perdas que ocorrem desde a tomada d'água até os limites da área a ser irrigada. É variável em função do tipo de conduto utilizado para o transporte da água, que pode ser um canal em terra ou revestido, ou mesmo uma tubulação. A eficiência de distribuição (E_d) está relacionada com todas as perdas que ocorrem na distribuição de água por toda a área e a eficiência de aplicação (E_a) representa todas as perdas que ocorrem durante a aplicação de água por toda a área.

A eficiência total de irrigação (E_i) será então determinada pela Equação 9:

$$E_i = E_c \times E_d \times E_a \quad (9)$$

Normalmente, os valores de E_i para métodos de irrigação por superfície é de 40 a 60%, para a aspersão de até 85% e para os métodos localizados de até 95%. Em outras palavras, a E_i representa a razão entre o volume de irrigação que é benéficamente usado e o volume total de água aplicada.

Todo sistema de irrigação aplica água com certo grau de desuniformidade. A eficiência depende de fatores inerentes ao próprio sistema, do dimensionamento hidráulico, da manutenção e manejo do sistema e das condições de solo e de clima. Assim, a eficiência de cada sistema pode apresentar variações em condições normais de campo, as quais devem ser levada em consideração no processo de seleção dos mesmos (MAROUELLI e SILVA, 2011).

As perdas de água da irrigação resultam principalmente da evaporação, da percolação abaixo da camada radicular efetiva da cultura, da deriva pelo vento e do escoamento superficial para fora da área irrigada. Parte dessas perdas podem ser minimizadas pelo dimensionamento e operação adequada do equipamento de irrigação.

Pode - se obter altos índices de eficiência empregando-se um dimensionamento correto do sistema, equipamentos adequados e um manejo racional da água. Se a eficiência for baixa haverá a necessidade de se aplicar um volume maior para compensar as perdas, significando um desperdício de água e energia.

2.11 - Conservação da água no solo

A preservação do meio ambiente passou a ser uma busca fundamental sob o qual deve ser discutida a atividade agropecuária, tendo como princípio a preservação e a recuperação do solo, a manutenção das condições para seu uso permanente, isento de degradação e erosão.

O papel do setor agrícola à medida que cultiva o solo com práticas conservacionistas e uso racional da água e dos demais insumos, além de produzir alimentos, matéria-prima e geração de renda, é garantir a integridade ambiental, pois está protegendo o solo e permitindo maior infiltração da água.

Segundo Albuquerque (2010) a atuação do agricultor no solo pode causar danos ao meio ambiente, pois a água se mal manejada, em seu processo de escoamento superficial, pode gerar desde carreamento de partículas de solo até erosões acentuadas, como as voçorocas. Adicionalmente, os desmatamentos desordenados realizados em busca da expansão da fronteira agrícola podem por fim as nascentes de pequenos cursos d'água. Dessa maneira, devem-se concentrar todos os esforços para evitar e minimizar o escoamento superficial proveniente da água da chuva (naturalmente) ou da irrigação (artificialmente) sobre o solo agrícola.

A erosão é um processo de desestruturação e conseqüente modificação da superfície do solo, sendo influenciada por água, vento, cobertura vegetal, topografia e tipo de solo. O manejo inadequado dos recursos naturais através de desmatamentos, queimadas, preparo de solo inadequado, cultivos intensivos com uso e manuseio incorreto de agroquímicos e descarte de suas embalagens de produtos químicos junto a corpos hídricos e lavouras, disposição de lixo residencial e esgoto doméstico em locais não planejados para tal fim, uso indiscriminado da água para a irrigação, e, ausência de planejamento de uso e de práticas conservacionistas podem causar a erosão e são fontes de poluição ao meio ambiente.

De acordo com Capeche (2008), as principais consequências desse processo nas bacias hidrográficas são a perda da capacidade produtiva dos solos agrícolas, esgotamento dos mananciais de água, assoreamento dos corpos hídricos, redução da quantidade e da qualidade da água disponível (seca de nascentes e menor vazão dos rios), desmoronamentos e perda de solos, enchentes e inundações, descapitalização dos agricultores e a longo prazo o êxodo rural.

As medidas de prevenção para evitar o aparecimento da erosão incluem a realização do planejamento e adoção de práticas conservacionista na propriedade, buscando utilizar o solo de acordo com sua aptidão, construção de terraços, preparo do solo e plantio em nível, rotação de culturas, realização de análise do solo para recomendação de adubação, emprego do cultivo mínimo ou plantio direto, quando possível, manejo dos recursos naturais da propriedade.

Grande parte da água aplicada na produção agrícola retorna como recarga do lençol freático e se mantém no ciclo hidrológico, mas critérios devem ser adotados para evitar a contaminação dos recursos hídricos por meio do uso de agroquímicos considerando o potencial de poluição difusa da agricultura irrigada.

Capeche, 2008 afirma que diversos são os fatores que levam à deterioração da qualidade da água, podendo ser classificados, quanto à origem, como de fonte pontual e difusa. As fontes pontuais se caracterizam, essencialmente, pelos resíduos domésticos e industriais, já as fontes difusas são caracterizadas pelos resíduos provenientes das atividades agropecuárias (fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, entre outros) e, ainda, pelo escoamento superficial que na área urbana transporta resíduos de pátios de instalações industriais, postos de gasolina e outros.

A poluição difusa pode ser intensificada pelo uso inadequado da irrigação, pela compactação do solo provocada pelo uso intenso e inapropriado da mecanização, pelo desmatamento e queimadas, pela ausência de uso de práticas conservacionistas do solo, água e vegetação, pela ocorrência de processos erosivos (laminar, sulcos e voçorocas), pela interferência de fatores naturais: tipos de rochas, planialtimetria dos terrenos, disposição espacial da microbacia, intensidade e frequência das precipitações pluviométricas, permeabilidade do solo e outros.

Conforme descrito por Albuquerque (2010) é dever do agricultor minimizar ou anular o escoamento superficial que pode ser provocado pela irrigação. Quanto à água da chuva, deve-se favorecer a infiltração, de modo a possibilitar o reabastecimento do lençol freático, o que pode ser realizado por meio da

preservação e/ou implantação de matas ciliares nas nascentes. Ademais, o escoamento pode ser capturado, antes que assuma grandes proporções a ser vertido para pequenos reservatórios que servirão no armazenamento de um volume de água a ser reutilizado nas atividades agrícolas ou que deixarão a água estagnada até que se infiltre lentamente no solo para o reabastecimento do lençol freático. A racionalização das práticas agrícolas pode garantir a infiltração da água no solo.

É importante salientar que nos ecossistemas agrícolas, a adoção das práticas conservacionistas como a construção de terraços e plantio direto, integrada com o manejo adequado da fertilidade do solo com adubações minerais ou orgânicas equilibradas, adoção de adubação verde, além de ser uma importante garantia de boa produtividade, ao longo do tempo contribui para recuperar as áreas degradadas.

Com a caracterização da área da bacia hidrográfica por meio da identificação do uso e ocupação do solo predominantes é possível planejar e sendo a bacia predominante agrícola deve ser priorizado o seu papel na conservação dos recursos hídricos. É na área rural que ocorre o maior percentual da infiltração da água das chuvas, pois as áreas urbanas estão cada vez mais impermeabilizadas impedindo a recarga do lençol freático, causando escoamento superficial e enchentes.

Capeche, (2008) relata que quando se impermeabiliza os solos, seja por asfaltar ou concretar, pela retirada de vegetação ou pelo manejo inadequado do solo, ocorre um aumento do escoamento superficial e uma diminuição da infiltração, do fluxo subsuperficial e da percolação.

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, possibilita considerar a junção dos fatores econômicos, políticos, sociais e culturais relacionados à área da bacia. O primeiro fator que deve ser levado em consideração em um planejamento é a realização de uma completa caracterização da bacia a ser estudada. Este conjunto de informações possibilita conhecer o sistema, o que dará suporte à tomada de decisões de gerenciamento dos recursos hídricos.

O planejamento conservacionista é essencial para obter-se melhores rendimentos na exploração das culturas e visa alcançar o máximo retorno do solo por unidade de área plantada, proporcionando o desenvolvimento socioeconômico do produtor rural, assim como, a conservação dos recursos naturais da propriedade agrícola. Um dos grandes desafios da agricultura é compatibilizar o desenvolvimento da irrigação com proteção do meio ambiente.

A agricultura irrigada não pode ser entendida como uma grande consumidora de água e produtora de alimentos, mas tem que desempenhar função primordial de manutenção dos recursos naturais e mais precisamente nos recursos hídricos, sendo este realizado por meio da infiltração a recarga do lençol freático. A cobrança no setor deve ter o papel de incentivar o uso racional e essa contribuição por si só, torna-se também um investimento na preservação e recuperação dos mananciais.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Custo de produção

O custo de produção é a soma dos valores de todos os recursos utilizados no processo produtivo de uma atividade agrícola, e podem ser divididos, simplifiadamente, em insumos, que são os produtos necessários para a produção incluindo adubos, sementes e produtos químicos, entre outros; e os serviços, que são as práticas específicas para cada cultura, como a adubação, poda, preparo de solo e colheita.

Para realização do levantamento dos custos de produção, foram considerados os 13 grupos de culturas, seguindo a proposição de Allen, et al (1998). Os valores dos custos de produção dos itens citados anteriormente foram obtidos do Agrianual 2011.

Na estimativa dos custos adotou-se a média para as culturas que apresentaram elevados custos de implantação e tratando-se das que apresentaram maiores encargos na fase inicial decidiu-se pela diluição dos mesmos ao longo do ciclo da cultura. Nas culturas com diferentes níveis de produtividades, optou-se por adotar a maior, por se tratar dos cultivos irrigados. Nos casos que apresentavam os custos com e sem irrigação foram selecionados os cultivos irrigados.

Algumas culturas nos primeiros anos de implantação, isto é, na fase de formação, não há produção, isto é, são improdutivas, seguidos de anos com produção crescente até a estabilização e outras, apresentam fases decrescentes no final do ciclo. Dessa forma, ressalta-se que, ocorre proporcionalmente as operações de manutenção, variando os custos de produção. Como forma de uniformizar os diversos tipos de cultura foram feitas médias anuais dos custos.

Depois dos levantamentos dos custos de produção das culturas em R\$ ha⁻¹, foi feita uma adequação quanto a duração dos ciclos de cultivos, isto é, o número de dias entre o plantio e a colheita ou a diferença (em dias) entre duas colheitas consecutivas para definir o custo de produção. Identificados os ciclos das culturas, o período de um ano (365 dias) foi dividido pelo número de dias de cada ciclo, isso permitiu a identificação do número de ciclos anuais para posteriormente estabelecer o custo em R\$ (ha ano)⁻¹ médio para cada grupo.

Essa conversão foi necessária devido à unidade dos dados de vazão utilizados na equação do cálculo final do valor rural da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, que é dado em $\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$.

Como não há uma limitação estabelecida, na legislação, com relação ao valor da cobrança sobre o custo de produção, empregou-se o critério estabelecido pelas Bacias do PCJ, a qual estabelece que o valor cobrado pelo uso da água não deve ultrapassar 2% dos custos de produção (CT-RURAL, 2007).

3.2 - Vazão Captada

Os valores das vazões captadas adotados no estudo foram obtidos a partir do banco de dados de outorgas emitidas pela ANA entre os anos de 2003 a 2011 para os rios de domínio da União (ANA, 2012). Tais dados são disponibilizados gratuitamente e dispõem das seguintes informações: número e data (dia, mês e ano) da resolução que autoriza a outorga; endereço digital da mesma; a vazão instantânea em $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ e L s^{-1} ; os volumes diário e anual outorgados em m^3 ; no caso de lançamento a vazão em $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ e volume anual lançado em m^3 ; a finalidade do uso, seja abastecimento urbano, aquicultura, esgotamento sanitário, entre outros. No caso de uso para irrigação, ainda são fornecidos os dados de área irrigada, o nome do interessado e algumas observações quanto à outorga, como as coordenadas geográficas do ponto de captação, a localização da região hidrográfica, a divisão hidrográfica, o estado e o município, o corpo hídrico ou nome do reservatório, o método de irrigação a ser utilizado e o prazo de validade da licença de uso (outorga).

Os principais usos outorgados são abastecimento público, aquicultura, dessedentação animal, esgotamento sanitário, geração de energia, irrigação, mineração e obras hidráulicas. No setor rural, o uso majoritário em volume outorgado e em número de outorgas é representado pelas vazões destinadas à irrigação.

Como citado anteriormente, os dados da vazão outorgada são disponibilizados em $\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$, porém com a divisão pela área irrigada, fornecida no documento para requerimento da outorga, se obtém o consumo por hectare. Obtém-se a vazão outorgada em $\text{m}^3 (\text{ha ano})^{-1}$, na mesma escala (temporal e espacial) que os custos de produção e foram analisados aproximadamente 3.000 dados de outorgas.

Inicialmente os dados fornecidos pela ANA empregados nas estimativas dos intervalos de vazões outorgadas não especificavam os métodos de irrigação nos processos de liberação de uso. Somente a partir de 2010 foram identificados os sistemas, sendo eles: 76 outorgas para Microaspersão e 33 para Gotejamento, 41 para Aspersão por pivô central, 36 para Aspersão Convencional, 12 outorgas para irrigação de Superfície por Sulcos de Infiltração e 23 para Inundação.

3.3- Classe de uso do corpo d'água

O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e a sua inserção na cobrança foi feita por meio da Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ nº 078/07 (Comitês PCJ, 2007). Tal normativa regulamenta o equacionamento para o cálculo da cobrança, sendo que, para a captação leva em consideração a classe de uso do rio com a aplicação do coeficiente " $K_{\text{cap classe}}$ ", de acordo com a Tabela 1.

A qualidade das águas dos rios brasileiros, na média, apresenta –se como boa, mas nas regiões intensamente urbanizadas essa qualidade é reduzida, atingindo a Classe 4, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005. Como considerou-se no presente trabalho o uso da água para irrigação, e sabendo-se que esta deve apresentar boas características químicas e físicas, o fator selecionado na determinação do coeficiente foi 0,9, representando desse modo as classes 2 e 3, de acordo com a Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ nº 78/07 (Comitês PCJ, 2007). Esse valor foi fixado somente na equação que determina o coeficiente ponderador proposto, mas no cálculo do valor a ser pago, o índice da classe pode ser alterado.

3.4 - Preços Unitários Básicos - PUB

O instrumento da cobrança não pode ser confundido com um imposto, pois se trata de um preço público fixado a partir de um pacto entre os usuários de água no âmbito do Comitê de Bacia, com o apoio técnico da ANA.

Os valores propostos para os PUBs para a cobrança pelo uso de recursos hídricos em corpos d'água de domínio do Estado de São Paulo e da União, são apresentados na Tabela 2.

No setor rural como não se considera que haja lançamento de carga orgânica, os valores do PUB adotados no equacionamento foram os de captação de água bruta, extração e derivação de $0,01 \text{ R\$ m}^{-3}$ e consumo de $0,02 \text{ R\$ m}^{-3}$.

3.5– Métodos de irrigação

A inserção do sistema de irrigação no equacionamento da cobrança está diretamente relacionado com a eficiência na aplicação de água e segundo a Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ nº 078/07 (Comitês PCJ, 2007), que regulamenta para o cálculo da cobrança e é no consumo, do setor rural, que se utiliza o coeficiente (K_{consumo}) visando quantificar o volume de água consumido. Tal quantificação é realizada com base nos valores de eficiência de referência estabelecidos na Resolução ANA nº 707/2004, conforme dado na Tabela 4.

Na determinação do valor da cobrança final (captação mais consumo), para os usuários de irrigação, existe ainda um parâmetro multiplicador simbolizado por K_t , que trata-se de um coeficiente que leva em conta as boas práticas de uso e conservação da água no imóvel rural onde se dá o uso de recursos hídricos e que qualifica a tecnologia de irrigação adotada, conforme a Tabela 5.

Nesse trabalho optou-se por não considerar a variação do K_{consumo} , na determinação do coeficiente ponderador, os diferentes métodos de irrigação devido a ausência dessa informação no banco de dados de outorga da ANA. Contudo, para a realização de cálculo mais criterioso esse parâmetro poderia ser avaliado, já que existe a diferenciação quanto à aplicação de água.

3.6 – Proposta do coeficiente ponderador C2

O coeficiente na equação da cobrança é o componente opcional que visa à adaptação dos mecanismos a objetivos ou casos específicos.

Com a execução de um levantamento das bases legais da cobrança e a consulta as legislações vigentes federais e estaduais foi estabelecido um estudo das bases técnicas para a discussão das tabelas e coeficientes propostos para o cálculo da cobrança. Os questionamentos sobre a adequação do setor rural no âmbito da

cobrança e sua inserção no Plano Nacional dos Recursos Hídricos, levaram a elaboração do coeficiente ponderador C2.

Para a determinação do coeficiente ponderador foram inseridos como parâmetros:

- As vazões captadas em $\text{m}^3 (\text{ha ano})^{-1}$, em 5 classes;
- Os custos de produção em $\text{R\$ (ha ano)}^{-1}$, em 5 classes;
- O valor do $K_{\text{cap classe}}$ 0,9, referindo-se as classes de uso do corpo hídrico (2 e 3);
- O valor de PUB para captação de $0,01 \text{ R\$ m}^{-3}$ e para o consumo $0,02 \text{ R\$ m}^{-3}$;
- O coeficiente K_{consumo} referente ao sistema de irrigação utilizado foi o médio (0,75) e
- O limite máximo a ser cobrado pelo dos recursos hídricos fixado em 2% no custo de produção.

Foram inseridas as equações que definem o valor a ser pago pela cobrança federal, de acordo com a Resolução CNRH nº 52/2005, para captação e consumo da irrigação.

Na Equação 8, a qual define o valor final a ser pago pelo uso da água no setor rural, foi inserido o coeficiente C2. Essa inserção deu origem à equação descrita na Equação 10:

$$Valor_{rural} = (Valor_{cap} * K_t) + \frac{(Valor_{con} * K_t)}{C2} \quad (10)$$

Onde: C2= Coeficiente que considera o custo de produção e a vazão captada no uso dos recursos hídricos para a irrigação.

O valor do coeficiente foi fixado em no máximo 1, por isso, para casos em que os esse valor se excedia, o mesmo foi substituído por 1. O coeficiente é aplicado somente na parte da equação referente ao consumo e se insere no divisor, promovendo a redução do valor cobrado à medida que há uma redução no consumo. Mas, essa relação não é diretamente proporcional, pois considera ainda o custo de produção na determinação do C2.

O coeficiente é aplicado sobre o consumo, pois é sobre essa parte da equação que se garante a diferenciação em relação ao sistema de irrigação adotado, o qual deve ser cobrado por um consumo mais eficiente do uso da água.

Como foi adotado um valor máximo passível de cobrança igual a 2% do custo de produção, determinou-se valores de C2 que maximizasse o valor cobrado (Equação 11) primeiramente fixando uma vazão e variando os custos de produção, e posteriormente fixando um custo e variando a vazão.

$$MáximoValor_{rural} \equiv 0,02 * Custo\_de\_produção \quad (11)$$

Com as cinco diferentes classes de vazão e de custo, podem existir diferentes combinações de custos e vazões captadas. Utilizando-se um software de análise de superfície de resposta denominado Table Curve 3D, encontrou-se uma equação que pudesse representar estas combinações e permitisse a estimativa do coeficiente em função da vazão e do custo de produção.

3.7 - Avaliação dos coeficientes estimados

Os valores dos coeficientes estimados pela equação obtida pelo software foram apresentados na forma gráfica, e na forma de tabela e aplicado para os diferentes métodos de irrigação, com as vazões captadas e custos de produção. A apresentação desses coeficientes deve simplificar a aplicação da metodologia proposta.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Custo de produção

O custo de produção dos grupos de culturas agrícolas obtido apresenta-se na Tabela 10 e são expressos em R\$ (ha ano)⁻¹.

Tabela 10 – Custos de produção médios, em R\$ (ha ano)⁻¹, dos grupos de culturas agrícolas

Grupo de Culturas	R\$ (ha ano) ⁻¹
1 - Hortaliças Pequenas	7.901,95
2 - Hortaliças – Família das Solanáceas	10.922,44
3 - Hortaliças – Família das Cucurbitáceas	2.128,91
4 - Raízes e Tubérculos	5.043,36
5 - Leguminosas	581,95
6 - Hortaliças perenes	15.266,90
7 - Cultivos Têxteis	1.882,78
8 - Cultivos Oleaginosos	437,80
9 – Cereais	840,97
10 - Cana de Açúcar	4.142,83
11 - Frutas Tropicais e Árvores	8.935,23
12 – Uva	12.716,30
13 - Árvores Frutíferas	11.079,56

Fonte: FAO 56 (1998) e Agriannual (2011)

Com os custos dos grupos das culturas variando entre 437,80 R\$ (ha ano)⁻¹ e 15.266,90 R\$ (ha ano)⁻¹ foi realizada a distribuição de frequência desses valores em 5 classes e obtido o intervalo médio entre classes de 3.000 R\$ (ha ano)⁻¹. Este valor de 3.000 R\$ (ha ano)⁻¹ também foi o limite superior da primeira classe, onde se encontra 38% dos custos. Como as áreas irrigadas apresentam sempre custos maiores que as de sequeiro, esses valores apesar de representar em uma porcentagem grande dos dados, podem não refletir o cenário da agricultura irrigada. Manteve-se o primeiro intervalo com os custos até 3.000 R\$ (ha ano)⁻¹, o segundo entre 3001 e 6.000 R\$ (ha ano)⁻¹, o seguinte entre 6.001 e 9.000 R\$ (ha ano)⁻¹, o

outro de 9.001 a 12.000 e o último com os custos superiores a 15.000 R\$ (ha ano)⁻¹. A distribuição de frequência relativa dos demais custos (6.000, 9.000, 12.000 e 15.000 R\$ (ha ano)⁻¹) foi de 18%.

4.2 - Vazão Captada

Os valores das vazões captadas variaram entre 1.042 e 41.587 m³ (ha ano)⁻¹, mas como 90% das vazões se concentraram abaixo de 21.315 m³ (ha ano)⁻¹ feita uma nova distribuição de frequência em 5 classes e com intervalo médio entre classes de 4.000 m³ (ha ano)⁻¹. Os intervalos das vazões expressas em m³ (ha ano)⁻¹ são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Distribuição de frequência (%) dos intervalos da vazão captada, em m³ (ha ano)⁻¹

Intervalos de vazão (m ³ (ha ano) ⁻¹)	Frequência (%)
Menor que 5.000	15
5.001 - 9.000	28
9.001 - 13.000	23
13.001 - 17.000	20
17.001 - 21.500	14

Fonte: ANA, 2012

Com os 9 anos de dados das vazões captadas obteve-se uma lâmina média de 2,78 mm dia⁻¹ outorgada, considerando aplicação de água nos 365 dias do ano.

As vazões anuais adotadas no estudo estão próximas das apresentadas no relatório do DAEE (2004) sobre os impactos da cobrança pelo uso da água por tipo de usuário para o estado de São Paulo (Tabela 12).

Tabela 12 – Demanda de uso de água adotados na estimativa da demanda para uso agrícola

Cultura	Sistema de irrigação	Demanda (m³(ha ano)⁻¹)
Arroz	Inundação	7.500
Cana-de-açúcar	Aspersão	4.500
Tomate	Sulcos	3.822
Goiaba	Aspersão	4.585

Fonte:DAEE (2004)

Ocorre uma variação das vazões captadas, para uso na irrigação, em função da cultura a ser plantada, da demanda atmosférica local, da área cultivada, do sistema de irrigação implantado e do manejo adotado.

4.3 – Coeficiente C2

Com os dados dos custos de produção, vazão de água captada e utilizando a equação que calcula o valor a ser pago pelo uso da água no setor rural pela irrigação (Equação 8), na qual foi inserido o coeficiente que internaliza o custo por meio da fixação do valor máximo para a cobrança de 2% do custo de produção (Equação 10) determinou-se o coeficiente C2. Os valores obtidos para o coeficiente C2 são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Valores do coeficiente C2 determinados a partir do custo de produção e vazão captada

Custo de produção	Vazão (m³ (ha ano)⁻¹)				
R\$ (ha ano)⁻¹	5000	9000	13000	17000	21500
3000	0,38	0,85	1,00	1,00	1,00
6000	0,17	0,34	0,54	0,78	1,00
9000	0,11	0,21	0,32	0,45	0,61
12000	0,08	0,15	0,23	0,32	0,42
15000	0,06	0,12	0,18	0,24	0,32

Fonte: ANA (2012)

Os coeficientes determinados foram inseridos no software Table Curve 3D que gera como resultado uma superfície de resposta, como pode ser observado na

Figura 2. O custo de produção foi o parâmetro que demonstrou maior sensibilidade na determinação do coeficiente C2, quando compara-se com a vazão captada, podendo ser verificado pela maior curvatura da superfície de resposta devido a variação desse parâmetro. A análise de correlação ($r^2=0,90$) também confirma tal resultado, mostrando que o coeficiente C2 foi menor para maiores custos. A função resposta é uma regressão múltipla de ajuste simplificada obtida pelas combinações da vazão captada, do custo de produção e o coeficiente é representada na Equação 12.

Figura 2 – Superfície de resposta relacionando os valores do coeficiente C2 com a vazão captada(Q) e custo de produção (C)

Cada ponto na superfície de resposta representa um dado, em função das variáveis: vazão captada (Q), custo de produção (C) e coeficiente (C2). A seleção da equação que descreve as condições estabelecidas foi feita pela superfície de resposta que representou a distribuição dos pontos nos intervalos definidos anteriormente para cada variável. A Equação 12 selecionada foi do tipo exponencial, tendo em vista que se apresentou mais eficiente, dentre as equações não tão complexas, para representar as combinações dos parâmetros avaliados. Os

limites dos intervalos de custos(C) são de 5.000 a 15.000 R\$ (ha ano)⁻¹ e vazão (Q) variando de 5.000 a 21.500 m³ (ha ano)⁻¹ na determinação da equação-programação linear

$$C2 = e^{0,927119(-7969,61/Q)+(-0,00013*C)} \quad (12)$$

$$R^2 = 0,90$$

Onde, C2 = coeficiente ponderador da cobrança, Q = Vazão captada para irrigação em m³ (ha ano)⁻¹ e C = Custo de produção da cultura agrícola em R\$ (ha ano)⁻¹

Segundo estudo realizado no Estado de São Paulo no ano de 2004 sobre o impacto da cobrança no custo de produção e rentabilidade das principais culturas irrigadas, a cobrança representaria um aumento de 1,8% nos custos de produção da cana-de-açúcar e de 3,3% no caso do arroz. O impacto da cobrança sobre estas culturas seria significativo, sobretudo ao se verificar que a cobrança de 36,90 R\$ ha⁻¹ corresponderia a 7,5% da rentabilidade da produção de cana-de-açúcar irrigada. Já o impacto da cobrança em termos de custo e rentabilidade no caso do tomate irrigado é bem mais modesto: a cobrança de 31,34 R\$ ha⁻¹ corresponderia a 0,2% de aumento dos custos e a 0,4% da rentabilidade (DAEE, 2004).

Segundo DAEE, 2004, generalizando-se os resultados dos casos avaliados, pode-se afirmar que, a cobrança possivelmente sofrerá oposição por parte dos irrigantes de culturas com baixo nível de rentabilidade, como mostram os casos da cana-de-açúcar e do arroz. Já o baixo impacto em termos de custo e rentabilidade no caso do tomate irrigado seria um indicador de que a cobrança poderia ser satisfatoriamente absorvida por parte dos produtos agrícolas de rentabilidade mais elevada.

4.4 – Apresentação e avaliação do coeficiente C2

Os valores dos coeficientes estimados terão aplicação direta no cálculo do valor a ser pago pela água destinada a irrigação no setor rural. Com isso, a forma de apresentação desse coeficiente deve ser simplificada e possibilitar a interpretação dos valores e benefícios por parte dos órgãos gestores e pelos usuários.

A equação obtida pelo software possibilita a apresentação dos valores do coeficiente estimado na forma gráfica e na forma de tabela. A aplicação dos coeficientes foi feita para os diferentes métodos de irrigação, com as vazões captadas e custos de produção definidos e discutidas as consequências da sua implementação.

A legislação atual que regulamenta a cobrança pelo uso dos recursos prevê a implementação de coeficientes ponderadores que aperfeiçoa a metodologia atual principalmente para o setor rural. Os critérios observados para a definição do coeficiente desse trabalho, segundo a Resolução CNRH N° 48/2005, são as práticas de racionalização, conservação, recuperação e manejo do solo e da água, condições técnicas, econômicas, sociais e ambientais existentes e sustentabilidade econômica da cobrança por parte dos segmentos usuários.

4.4.1 – Apresentação do coeficiente C2 na forma gráfica

Para a identificação do coeficiente a ser usado pelo irrigante na equação que quantifica o valor a ser pago pelo uso água é necessário ter a informação sobre seu custo de produção e sua vazão captada. A vazão é definida no termo de outorga ou medida feita pelo usuário e a informação do custo de produção deve ser em R\$ (ha ano)⁻¹, o que pode ser uma dificuldade, pois, principalmente o pequeno agricultor não possui controle econômico anual da produção agrícola. Todavia, o monitoramento econômico deve ser estimulado, à medida que se torna ferramenta importante no planejamento das práticas agrícolas e financeiras.

Para cada custo de produção médio e vazão captada o usuário terá um coeficiente diferente. A identificação pode ser feita na forma gráfica (Figura 3). O valor do coeficiente C2 é visualizado no eixo y, a partir da observação do custo de produção no eixo x e a vazão captada nas linhas do gráfico. O coeficiente será aplicado na equação para definição do valor final da cobrança.

Figura 3 – Coeficiente estimado em função da vazão captada e custo de produção para uso na cobrança

Um exemplo prático pode ser aplicado a um agricultor que tenha um custo de produção de 8.000 R\$ (ha ano)⁻¹ e faz a captação de 9.000 m³ (ha ano)⁻¹ pode-se obter graficamente um coeficiente de 0,4 a ser aplicado na equação do valor pago para o setor rural conforme apresentado na Equação 13:

$$Valor_{rural} = (Valor_{cap} * K_t) + \frac{(Valor_{con} * K_t)}{0,4} \quad (13)$$

Com a observação da representação gráfica dos coeficientes pode-se destacar que para menores vazões captadas o coeficiente estimado é menor, isso aumentaria o valor a ser pago para as menores vazões, porém a variável vazão está inserida nos dois termos da equação (captação e consumo) e o coeficiente se aplica somente no consumo, então essa relação não é direta.

Quando se compara os coeficientes com o mesmo custo de produção, esses são maiores quanto maiores são as vazões captadas, essa relação não é linear e o aumento pondera com os custos de produção para que a condição fixada, que é valor máximo de 2% do custo, na equação da cobrança final fosse atingida.

Essa forma direta de identificação do coeficiente C2 (gráfico) é facilitada para o gestor que, com as informações referentes ao setor rural da sua região

hidrográfica, tais como: culturas predominantemente exploradas, custo médio de produção, vazão captada, pode estabelecer e fixar um coeficiente médio que melhor caracterize sua realidade hídrica.

Ressalta-se que um coeficiente ideal deve apresentar alguns princípios gerais como a simplicidade de compreensão e aplicação, possibilitar a agregação de novos parâmetros dependendo da mudança do cenário inicial, os parâmetros devem apresentar facilidade de obtenção e ser mensuráveis. Tratando-se da aceitabilidade do coeficiente, a mesma pode ser conseguida com a ampla negociação pública no comitê de Bacia Hidrográfica, divulgação aos usuários e o uso de parâmetros passíveis de monitoramento e avaliação dos resultados de sua aplicação para atingir os objetivos de cada comitê.

4.4.2 – Apresentação do coeficiente C2 na forma de tabela

Os coeficientes também podem ser apresentados na forma de tabela seguindo os intervalos de classes apresentados anteriormente (Tabela 14). O usuário pode a partir do custo de produção e da vazão captada, similar à apresentação gráfica, identificar o valor do coeficiente C2 que se aplica no seu caso. Dessa forma, o valor do coeficiente C2 será aplicado na equação para definição do valor final da cobrança.

Tabela 14 – Coeficiente estimado em função da vazão captada e custo de produção

Custo de produção R\$ (ha ano)⁻¹	Vazão Captada (m³ (ha ano)⁻¹)				
	Até 5.000	5.001 a 9.000	9.001 a 13.000	13.001 a 17.000	17.001 a 21.500
Até 3.000	0,35	0,71	0,94	1,00	1,00
3.001 - 6.000	0,24	0,49	0,64	0,74	0,82
6.001 - 9.000	0,17	0,34	0,44	0,51	0,56
9.001 - 12.000	0,11	0,23	0,30	0,35	0,39
12.001 - 15.000	0,08	0,16	0,21	0,24	0,26

Essa forma de apresentação também obtém-se diretamente o valor do coeficiente, a partir dos dados de entrada para os intervalos definidos.

Um exemplo da aplicação prática dos dados pode ser aplicado a um usuário seguindo a equação original do valor rural a ser cobrado pelo uso da água de irrigação, conforme pode ser observado abaixo:

$$Valor_{rural} = (Q_{cap} \times PUB_{cap} \times K_{classe}) \times K_t + \frac{(Q_{cap} \times PUB_{cons} \times K_{consumo}) \times K_t}{C2} \quad (14)$$

Considerando uma vazão captada de 8.000 m³ (ha ano)⁻¹, custo de produção de 5.000 R\$ (ha ano)⁻¹, sistema de irrigação de aspersão e classe de uso do corpo d'água 3 (K_{classe} = 0,9) então a Equação (15) e os resultados obtidos são expressos em R\$ (ha ano)⁻¹:

$$Valor_{rural} = (8000 \times 0,01 \times 0,9) \times 0,25 + \frac{(8000 \times 0,02 \times 0,75) \times 0,25}{0,49} \quad (15)$$

$$Valor_{rural} = 18 + \frac{30}{0,49} = 18 + 61,22 = 79,22 R\$ (haano)^{-1}$$

Sem o uso do coeficiente C2 a Equação (16) é representada e os resultados obtidos são expressos em R\$ ano⁻¹:

$$Valor_{rural} = (Valor_{cap} + Valor_{cons}) \times K_t \quad (16)$$

$$Valor_{rural} = ((Q_{cap} \times PUB_{cap} \times K_{classe}) + (Q_{cap} \times PUB_{cons} \times K_{consumo})) \times K_t$$

$$Valor_{rural} = ((8000 \times 0,01 \times 0,90) + (8000 \times 0,02 \times 0,75)) \times 0,25$$

$$Valor_{rural} = (72,00 + 120,00) \times 0,25 = 192,00 \times 0,25 = 48 R\$ ano^{-1}$$

Apesar da diferença numérica ser pequena entre os valores apresentados nas metodologias, deve-se verificar que o valor da metodologia proposta é referente a cada ha, e portanto, levando a um acréscimo no valor final da cobrança para grandes áreas irrigadas.

4.4.3 – Apresentação do coeficiente C2 na forma de Equação

A obtenção do valor do coeficiente pode ser feita diretamente no gráfico e na tabela, mas também pode ser determinado utilizando-se a Equação 12. Essa equação explicita o valor do coeficiente em função dos dados de vazão captada e custo de produção.

Para cada vazão captada e custo de produção pode ser obtido o coeficiente C2 para uso na equação que define o valor a ser pago pelo uso da água no setor rural, dentro dos intervalos estabelecidos. A equação permite a obtenção do valor pontual de cada par de dados (vazão x custo) diferentemente das demais formas de apresentação, tais como gráfico e tabela, que é feita elaborada para cada intervalo avaliado.

A metodologia proposta para obtenção da equação pode ser aplicada para as condições não contempladas nos intervalos definidos, basta estabelecer novos limites de vazão captada e custos de produção.

4.4.4 – Aplicação nos sistemas de irrigação

Na determinação dos coeficientes não houve a diferenciação quanto à eficiência na aplicação de água pelos sistemas de irrigação, pois foi usado o K_{consumo} médio (0,75). Como forma de aplicação dos coeficientes estimados esses foram usados para os diferentes métodos de irrigação, mantendo os mesmos custos de produção e as vazões captadas.

A aplicação do coeficiente, que internaliza o custo de produção à cobrança pela água, foi feita considerando os diferentes sistemas de irrigação como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Valor a ser pago pelo uso da água nos diferentes sistemas de irrigação com 2 custos de produção (3.000 e 9.000 R\$ (ha ano)⁻¹) e vazão (9.000 m³ (ha ano)⁻¹)

A diferenciação dos sistemas de irrigação permite um valor menor a ser pago para sistemas mais eficientes e quando se aplica o coeficiente proposto essa variação se acentua, como observado na Figura 5. Mantendo-se a vazão de captação constante em 9.000 m³ (ha ano)⁻¹ e para o custo de produção de 3.000 R\$ (ha ano)⁻¹, o usuário paga no mínimo cerca de 16 R\$ (ha ano)⁻¹ para uso da água no gotejamento e 104 R\$ (ha ano)⁻¹ pela inundaço. Para o custo de 9.000 R\$ (ha ano)⁻¹, o valor mnimo a ser pago de 30 R\$ (ha ano)⁻¹ para o gotejamento o valor mximo de 180 R\$ (ha ano)⁻¹ aplicado a inundao. Diante disso concluiu-se que as variaes existentes bonificam vazes menores e sistemas mais eficientes.

4.4.4.1 - Gotejamento e microasperso

Os sistemas de irrigao por gotejamento e microasperso so classificados como mtodos localizados de aplicao de gua, mantendo a umidade alta nas proximidades do sistema radicular, com aplicao em maior frequncia e volumes menores.

Apesar de serem localizados apresentam distintos valores de eficiência na aplicação de água, sendo 0,95 e 0,90 para gotejamento e microaspersão, respectivamente, segundo a Resolução ANA nº 707/2004.

Os valores a serem pagos pelo uso da água, em função das vazões captadas e os custos de produção, para irrigação por gotejamento estão apresentados na Figura 5.

Figura 5 - Valores a serem pagos pela água utilizada no sistema de irrigação por gotejamento, em função do custo de produção e vazão captada

Um usuário que capta anualmente uma vazão de 9.000 m³ para utilizar na irrigação com o sistema de gotejamento, paga atualmente a ANA cerca de 12 R\$ ano⁻¹ na metodologia vigente, que não considera o custo de produção. Com a adição do coeficiente ponderador C2 que internaliza a equação da cobrança o fator custo de produção, o qual é indicativo do potencial de capacidade de pagamento da cultura, o valor pago tende a se elevar. Na metodologia proposta, considerando que o custo de produção médio é de 9.000 R\$ (ha ano)⁻¹, o usuário deverá pagar cerca de 30 R\$ (ha ano)⁻¹, observando que esse valor é por ha, diferentemente da vigente, em que a cobrança é paga somente pela vazão, independente da área irrigada.

A aplicação do coeficiente proposto elevou consideravelmente o valor a ser pago por uma mesma vazão captada, mas o objetivo proposto é internalizar na equação o potencial de pagamento que o agricultor possui a partir da cultura cultivada. Parte-se do princípio que, se o seu custo de produção é alto, então a

rentabilidade econômica da cultura é alto, com isso esse usuário pode pagar mais pela vazão captada.

Os atuais valores pagos pela água no setor rural são mínimos não atingindo o objetivo principal da cobrança como instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, que é estimular o uso racional. Esses valores são tão baixos que o produtor não o contabiliza em seu orçamento, não recebendo nenhum incentivo a redução da captação.

De acordo com Carvalho (2011) embora ainda não haja evidências de que os preços unitários praticados atualmente incentivem à racionalização do uso dos recursos hídricos, a cobrança tem causado, durante os meses que antecedem o seu início, reação de muitos usuários que solicitam revisão das suas outorgas de direito de uso de recursos hídricos. Isto tem importante significado, pois possibilita melhores condições para a gestão de recursos hídricos, e, além disto, em bacias com déficit hídrico, uma liberação de vazão por um usuário pode permitir a entrada de novos usuários dos recursos hídricos.

Para o gotejamento, já que os valores pagos variam com o sistema de irrigação adotado, isto é pela eficiência na aplicação de água, a cobrança é reduzida quando se compara com os demais sistemas. Contudo deve-se observar um aumento na capacidade de arrecadação de recursos financeiros, sendo que, esse não é o objetivo principal da cobrança, mas é uma forma de obter recursos para serem aplicados na bacia hidrográfica em programas de preservação e conservação dos recursos hídricos. Esse aumento na cobrança deverá levar o usuário rural a questionar se a vazão que capta e paga por ela, esta sendo bem utilizada nas áreas agrícolas, se há uma maneira de reduzir o consumo, por meio da substituição do sistema implantado ou manutenção das atuais instalações hidráulicas.

Na microaspersão, a água é aplicada próxima à planta, com isso a vazão aplicada por área também é reduzida. Na Figura 6 estão apresentados os valores a serem pagos pela cobrança da água utilizada pela microaspersão.

Figura 6 – Valores a serem pagos pela água utilizada no sistema de irrigação por microaspersão, em função do custo de produção e vazão captada

Nota-se que para a vazão de $9000 \text{ m}^3 (\text{ha ano})^{-1}$ os valores a serem pagos são levemente menores que a de $5000 \text{ m}^3 (\text{ha ano})^{-1}$, tanto no gotejamento quanto a microaspersão. Numericamente a diferença é de $2 \text{ R\$ } (\text{ha ano})^{-1}$ e pode ser atribuída devido à equação não descrever diretamente todos os valores.

O que diferencia a irrigação por gotejamento da microaspersão na metodologia da cobrança é somente o índice de eficiência de aplicação, logo para uso da água na microaspersão os valores a serem pagos por m^3 captado são maiores.

Nos intervalos definidos de vazão, o valor pago pela irrigação para uso no gotejamento pode chegar a cerca de $88 \text{ R\$ } (\text{ha ano})^{-1}$ quando se capta uma vazão de $21.500 \text{ m}^3 (\text{ha ano})^{-1}$ e se considera o maior custo da produção ($15.000 \text{ R\$ } (\text{ha ano})^{-1}$), mas se essa vazão for outorgada para uso em microaspersão, o valor pago passa a ser de $175 \text{ R\$ } (\text{ha ano})^{-1}$. Essa diferença é atribuída exclusivamente à diferença na eficiência de aplicação de água pelo sistema.

A atual fórmula de cálculo do valor a ser pago não diferencia quanto ao custo de produção, dessa maneira, se a vazão de $21.500 \text{ m}^3 (\text{ha ano})^{-1}$ for captada para gotejamento a cobrança é de $30 \text{ R\$ ano}^{-1}$ e se for para microaspersão será de $58 \text{ R\$ ano}^{-1}$. Adicionalmente, na metodologia atual os valores de vazão captada são expressos em $\text{m}^3 \text{ ano}^{-1}$ e desconsidera a área de aplicação de água, em

contrapartida na metodologia proposta os valores de vazão devem ser usados em $\text{m}^3 (\text{ha ano})^{-1}$.

Os valores pagos são reduzidos e podem levar a um descomprometimento por parte dos usuários no objetivo maior que é a racionalização do uso para uma prática de produção mais sustentável. À medida que o pagamento pela água aumenta tende a pesar no orçamento do agricultor, esse terá que adotar práticas que reduzam o consumo ou racionalize o uso.

O sistema de irrigação mais eficiente é aquele que possibilita fornecer menor quantidade de água por unidade produzida ou por ciclo de produção. Esses sistemas localizados como apresentam maior eficiência na aplicação de água e pagam menos por m^3 captado são os recomendados na substituição dos menos eficientes. Ressalta-se que não existem sistemas de irrigação melhores e piores, pois cada um é indicado a situações específicas, porém um cuidado especial deve ser tomado com as práticas de manejo da irrigação e manutenção das estruturas hidráulicas.

Quando se trata desses sistemas, outro fator importante é a qualidade da água, pois os orifícios de emissão são minúsculos e qualquer partícula pode provocar entupimento. Diante disso, é imprescindível, o uso de água de boa qualidade química, física e biológica, além de ser ainda requerido a instalação de baterias de filtros de areia e tela para evitar que ocorram entupimentos e falhas na distribuição de água.

4.4.4.2 – Pivô Central e Tubos Perfurados

O pivô central é um sistema de aplicação de água do método de irrigação por aspersão, onde se simula uma chuva e tubos perfurados são tubos de polietileno perfurados geralmente a laser que distribuem a água em jatos bem finos, em forma de spray. Esses sistemas são caracteristicamente diferentes, mas na definição do K_{consumo} , coeficiente que apresenta fator de eficiência, os valores são semelhantes, com isso, o valor a ser pago por uma vazão captada para pivô ou tubos perfurados é a mesma.

Com os intervalos de vazão captada e custos de produção já definidos, a Figura 7 apresenta os valores a serem pagos pelo uso da água nos sistemas de irrigação por pivô ou tubos perfurados.

Figura 7 - Valores a serem pagos pela água utilizada no sistema de irrigação por pivô ou tubos perfurados, em função do custo de produção e vazão captada

Como a diferenciação do pagamento pelo uso da água, atualmente, é somente pela eficiência de aplicação de água, o valor a ser pago médio (vazão de $13.000 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$), para irrigação via pivô ou tubos perfurados é de cerca de $50,70 \text{ R\$ (m}^3 \text{ ano)}^{-1}$. Com a metodologia proposta, um usuário que capta a mesma vazão e tem custo de produção de $9.000 \text{ R\$ (ha ano)}^{-1}$ pagará $92 \text{ R\$ (ha ano)}^{-1}$, caso esse agricultor tenha 20 ha plantados e planeja irrigar por pivô, terá que desembolsar pela água cerca de $1.840 \text{ R\$ ano}^{-1}$. O valor é significativo quando se compara a diferença numérica, mas o objetivo é que o pagamento pela água tenha um valor econômico para despertar usuário à conscientização do uso racional.

Como relação ao sistema de irrigação por pivô, como a água é aplicada simulando uma chuva em área total existe perdas inerentes ao método como por deriva, evaporação, escoamento superficial, entre outros. Dependendo da cultura cultivada, das condições climáticas, topográficas e de propriedades do solo, esse método por ser substituído por um com menores índices de perdas ou quando isso não é possível, o manejo responsável e com embasamento técnico pode reduzir a captação.

4.4.4.3 – Aspersão Convencional

Pela forma de aplicação de água, o método está sujeito a perdas por evaporação e deriva e as observações feitas anteriormente relacionadas ao pivô também se aplica. Os valores a serem pagos pela água quando se utiliza o sistema de irrigação por aspersão convencional, de acordo com a vazão captada e custos de produção, são apresentados na Figura 8.

Figura 8 – Valores a serem pagos pela água utilizada no sistema de irrigação por aspersão convencional, em função do custo de produção e vazão captada

Considerando os valores máximos de vazão captada e custo de produção, o valor da água para uso em aspersão pode atingir cerca de 350 R\$ (ha ano)⁻¹, diferentemente do gotejamento, que para as mesmas condições, pagaria 86 R\$ (ha ano)⁻¹.

Uma discussão pertinente é que dependendo das características da bacia hidrográfica, o órgão gestor pode estabelecer diferentes limites à cobrança. No caso, dos setores da indústria e do saneamento os pontos de captação e lançamento dos resíduos (orgânicos ou não) são facilmente identificáveis, através do tipo de poluente ou das modificações que esses causam ao meio ambiente. Entretanto, a agricultura apresenta fonte de poluição difusa e em se tratando da agricultura

irrigada a situação se agrava. Diante deste cenário, é necessário manter um levantamento de dados relativos aos usuários rurais, culturas plantadas, sistemas de irrigação, vazão captada, entre outros, para facilitar a detecção dos possíveis causadores de alterações na qualidade de água.

Sistemas de irrigação mal dimensionados que aplicam uma lâmina elevada, em regiões e épocas do ano que são altamente afetadas pelo vento, podem causar perdas consideráveis da água aplicada, além de possibilitar a introdução de outro problema como erosão. Assim, torna-se importante adotar práticas de manejo ou readequação do sistema para promover o uso mais eficiente.

De acordo com Capeche (2008), outro fator importante é o impacto da gota da chuva/irrigação na superfície do solo, que provoca a desagregação e redução do tamanho dos torrões do solo, facilitando, assim, o carregamento de sedimentos (minerais e orgânicos) pela enxurrada e a abertura de sulcos que provocam a erosão. Ainda segundo o mesmo autor o solo deve, portanto, estar coberto com algum tipo de vegetação que impeça o impacto da gota diretamente na superfície. Segundo Abe (2000) o uso conjunto de gotejamento e da cobertura morta significa captar nos mananciais menos de 40% do volume de água utilizado na irrigação convencional.

Na metodologia proposta, há a necessidade de se estabelecer, para cada região agrícola, de acordo com as culturas plantadas, um quadro indicativo do custo de produção, caso contrário, a informação terá como fonte o agricultor que pode não representar a sua realidade, pois quanto maior seu custo de produção maior será o valor pago pela mesma vazão captada. Com isso, é importante uma conscientização quanto o objetivo do instrumento da cobrança e disponibilização dos meios para que esses sejam atingidos.

À medida que o índice de eficiência na aplicação de água se reduz, o valor da cobrança aumenta, de acordo com a metodologia vigente, mas com o coeficiente C2 proposto qual se amplia consideravelmente, uma vez que o mesmo insere na determinação do valor final da cobrança, indiretamente, o quanto a cultura apresenta de retorno econômico em função da água demandada em seu ciclo produtivo.

4.4.4.4 – Sulcos

Nesse sistema de irrigação a água é aplicada entre as linhas de plantio e mantém uma lâmina na superfície do solo. Os valores a serem pagos pela água quando se utiliza o sistema de irrigação por sulcos, de acordo com a vazão captada e custos de produção, são apresentados na Figura 9.

Figura 9 – Valores a ser pagos pela água utilizada pelo sistema de irrigação por sulcos, em função do custo de produção e vazão captada

O valor a ser pago pela água para uso na irrigação por sulco, considerando uma vazão captada de $17.000 \text{ m}^3 (\text{ha ano})^{-1}$ e custo de produção de $9.000 \text{ R\$ (ha ano)}^{-1}$ pagará em torno de $220 \text{ R\$ (ha ano)}^{-1}$, e sem o uso do coeficiente esse valor seria de $142 \text{ R\$ ano}^{-1}$, esse valor é majorado tanto pelo custo de produção como pela eficiência da lâmina aplicada. Na metodologia proposta, o dado de entrada na equação da cobrança é feita em função da eficiência, já que a vazão está expressa em vazão por área.

Quando se aplica água pelo sistema de sulcos ocorrem perdas significativas de água por evaporação, por escoamento superficial e aumento no potencial de erosão da área, porém a água aplicada continua na área e se infiltra servindo de recarga do lençol freático. Práticas devem ser adotadas para evitar o carreamento excessivo de agentes poluidores, advindos da agricultura como os agroquímicos.

Outra dificuldade em relação ao sistema é a automatização da irrigação, principalmente com relação a aplicar a mesma vazão em cada sulco. Mas adoção de

práticas adequadas de manejo inerentes ao sistema podem reduzir essas perdas, caso contrário e dependendo da cultura pode ser feita a substituição do sistema.

4.4.4.5 – Inundação

O método da inundação consiste na aplicação da água na superfície do solo que é sistematizado em tabuleiros, subáreas quase planas, de tamanho variado e limitado por diques. Os valores a serem pagos pela água quando se utiliza o sistema de irrigação por inundação, de acordo com a vazão captada e custos de produção, são apresentados na Figura 10.

Figura 10 - Valores a serem pagos pela utilizada da água pelo sistema de irrigação por inundação, em função do custo de produção e vazão captada

Como para os demais sistemas, quanto maiores forem às vazões captadas e os custos de produção maiores serão os valores a serem pagos pela água. Como exemplo, um agricultor que capta 9.000 m³ (ha ano)⁻¹ e tem custo de produção de 12.000 R\$ (ha ano)⁻¹ deve pagar cerca de 230 R\$ (ha ano)⁻¹, considerando que tem 5 ha, o valor total passa a ser de 1.150 R\$ ano⁻¹ e sem o coeficiente o pagamento pela água seria 10 vezes menor.

Segundo Marouelli e Silva (2011) quanto menor a uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação, maior a quantidade de água que deve ser aplicada a fim de garantir que uma máxima fração da área irrigada receba pelo menos a lâmina mínima requerida pela cultura. Portanto, uma expressiva fração da

área receberá água em excesso, causando perdas por drenagem profunda e, até mesmo, por escoamento superficial, enquanto a outra fração receberá menos água que a necessária. Em ambas as situações, o rendimento da cultura será prejudicado.

Para o sistema de irrigação por inundação o coeficiente que relaciona a eficiência de aplicação de água é de 50%, significando que metade da água aplicada na área não é utilizada pelas plantas. As perdas são significantes, mas depende do referencial, pois a água é mantida na área à medida que se infiltra e serve de recarga ao lençol freático.

Esse tipo de sistema permite o reuso da água da irrigação para melhorar a eficiência do uso da água. Com a aplicação em excesso ou em escassez a irrigação apresenta efeitos adversos como a salinização e a poluição do efluente, isso causa alterações na qualidade da água o que implicaria em maiores custos ou restrições de uso para os produtores que captam água a jusante.

Para Albuquerque, (2010) o conceito clássico de eficiência da irrigação omite os parâmetros econômicos. Para a determinação da eficiência da irrigação em nível ótimo, deve-se conhecer o valor da água de irrigação e o custo volumétrico unitário do acréscimo no sistema de produção ao controlá-la ou manejá-la. Quando a água torna-se um bem escasso, o crescimento da produtividade da água com reduções no volume captado se torna um fator imprescindível nos sistemas agrícolas. Porém, produtividades de água mais elevadas não significam, necessariamente, maior eficiência econômica.

Recomenda-se para o uso mais eficiente da água no setor rural, principalmente para a irrigação, a adoção de práticas como o uso de equipamentos para monitorar a umidade do solo, para medir as variações climáticas ou medidas na própria planta para mensurar a necessidade hídrica e determinar, mais precisamente o consumo de água.

Conforme relatado por Abe (2000), ativar os aspersores em meio a fortes ventos, que levam a água para a área vizinha, ou debaixo do “sol do meio-dia”, quando o efeito principal é a rápida evaporação, não adianta investir na compra de equipamentos destinados a aperfeiçoar o manejo da irrigação para o produtor, que desconhece as características do solo onde a cultiva e sequer imagina qual a necessidade de água de sua lavoura. Sem análise, planejamento e domínio técnico, o processo está fadado à falência.

O ponto de partida para qualquer programa de melhorias, em todas as atividades econômicas é a capacitação profissional. O uso racional e eficiente da água no setor agrícola começa no combate a desinformação. Com o planejamento e o manejo de um projeto de irrigação adequado à unidade de produção agrícola, é possível tanto economizar água e trabalho quanto aumentar a produtividade, melhorar a qualidade dos produtos e minimizar a deterioração da estrutura do solo e a perda de nutrientes (ABE, 2000)

Por isso, uma etapa importante no processo de conscientização sobre a preservação dos recursos hídricos e que passa pela adoção de novas tecnologias nas propriedades com a finalidade de racionalizar o uso, é a preparação da mão-de-obra, pois sistemas de irrigação mais intensificados e precisos em aplicação de água são mais exigentes em mão de obra especializada.

A implantação de um abrangente programa de extensão rural é a chave para iniciar a compatibilização da agricultura aos propósitos do gerenciamento dos recursos hídricos. A fase inicial é orientar procedimentos fundamentais e de baixo custo que trarão subsídios para recomendar a irrigação correta, evitando escassez ou excesso na aplicação de água. É o caso da identificação e monitoramento da capacidade de retenção de água no solo em relação à cultura e às condições climáticas.

Tão importante quanto o combater o desperdício de água é desenvolver ações para reduzir ao máximo o impacto ambiental da agricultura, com análises periódicas que vão nortear os tratos culturais. Desde a conservação do solo e adubação correta até o manejo integrado de pragas e reflorestamento das nascentes. Quanto maior a capacitação profissional, menor é a interferência da atividade na qualidade dos mananciais.

4.4.5 – Coeficiente C2 Proposto x cobrança atual

Como forma de avaliação dos valores do coeficiente C2 proposto foi realizada a simulação dos valores a serem pagos pela cobrança com e sem a aplicação do coeficiente C2 para os sistemas de irrigação estudados como pode ser observado na Figura 12. Na Figura 11 apresenta o valor a ser pago para cada vazão captada com e sem o coeficiente C2 com os valores médios a serem pagos para os custos de 5.000, 9.000, 13.000, 17.000 e 21.500 R\$ (ha ano)⁻¹.

Figura 11 – Valores a serem pagos pela água utilizada pela irrigação por meio da cobrança atual (Cob) e da cobrança proposta (CobC2) para os diferentes sistemas de irrigação

Os valores a serem pagos na cobrança pelo uso da água nos sistemas de irrigação com a aplicação do coeficiente proposto, que incorpora o custo de produção aumenta significativamente comparado com a atual metodologia. O aumento dos valores da cobrança não é linear crescente, pois com a vazão de 9.000 m³ (ha ano)⁻¹, por exemplo, há uma discreta redução do valor a ser pago, isto ocorre porque o coeficiente estimado não descreve todos os valores calculados.

Para a irrigação por inundação, os valores pagos por 5.000 e 9.000 m³ (ha ano)⁻¹ é praticamente o mesmo, considerando os menores custos de produção.

Pode-se constatar após observar a Figura 11 que ocorre um aumento significativo também na capacidade de arrecadação da Bacia, portanto os recursos arrecadados são majorados, devendo ser destinados a programas prioritários definidos no plano de bacia. Os programas podem contemplar a conservação da água, proteção e recuperação das áreas de mananciais, reflorestamento de áreas de preservação permanentes, benefícios que melhorem a qualidade e a disponibilidade da água favorecendo os demais usuários da bacia.

Como os atuais valores pagos não cumprem, satisfatoriamente, o principal objetivo da cobrança, pois atualmente o que se paga não estimula a racionalização do uso e nem a adoção de práticas conservacionistas, esse aumento pode chamar a atenção do produtor para uma revisão das práticas adotadas na área irrigada.

Com o uso do coeficiente C2 ocorre um aumento no valor a ser pago pela cobrança, considerando a mesma vazão captada, um dos objetivos do coeficiente foi internalizar na cobrança a capacidade de pagamento dos diferentes setores da agricultura irrigada, indiretamente através do custo de produção, mas principalmente aumentar o valor a ser pago para despertar o interesse pelo uso racional e estimular as práticas conservacionistas.

A aplicação do coeficiente deve incentivar o agricultor a reduzir a vazão captada, estimular a adoção de sistemas de irrigação mais eficientes e adotar práticas que racionalizem o uso da água.

As alternativas para redução dos valores da cobrança pode ser a substituição dos sistemas de irrigação por outro mais eficiente na aplicação de água, mas isso onera o produtor com custo inicial na implantação, pois métodos mais eficientes (localizados) apresentam custos elevados, mas a redução do valor pago pela cobrança e a redução da vazão captada promovem benefícios que vão além do monetário e justificam o investimento. O aumento do custo de produção não deve inviabilizar os investimentos e, conseqüentemente, bloquear o caminho rumo ao uso racional e eficiente da água para a irrigação.

Carvalho (2011) acredita que a cobrança está cumprindo seu papel como instrumento indutor de comportamentos ambientais mais adequados, contribuindo para a utilização racional da água por parte dos usuários. Tal instrumento colabora juntamente com os demais instrumentos de gestão previstos na Lei nº 9.433/1997,

para reverter um quadro de conflitos potenciais ou instalados pelo uso da água, resultando na melhoria das disponibilidades hídricas, sob a ótica da qualidade e da quantidade, à atual e às futuras gerações.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta se configura em um estudos e pesquisas relacionados à cobrança pelo uso da água na medida em que propõe a diferenciação dos valores para o setor rural em função do custo de produção das culturas agrícolas.

A metodologia contribui com valores propostos para o setor rural, especificamente para a irrigação e permite ser aplicada para outras situações mudando as faixas de vazões captadas e custos de produção.

Para os intervalos definidos de vazão captada e custos de produção, os valores dos coeficientes estimados variaram entre 0,08 e 1,00, a qual está inserida na parte da equação da cobrança referente ao consumo de água.

A avaliação dos coeficientes propostos foi feita a partir de sua aplicação na cobrança para os diferentes sistemas de irrigação considerando a eficiência de aplicação de água. Para sistemas localizados o valor a ser pago pela água foi cerca de 15 R\$ (ha ano)⁻¹ para a menor vazão (5.000 m³ (ha ano)⁻¹) e menor custo de produção (3.000 R\$ (ha ano)⁻¹) e para a inundação o valor chegou a 500 R\$ (ha ano)⁻¹ para a maior vazão (21.500 m³ (ha ano)⁻¹) o maior custo de produção (15.000 R\$ (ha ano)⁻¹).

A metodologia proposta é simplificada para ter compreensão do usuário, mas principalmente pode cumprir seu papel junto aos gestores e tomadores de decisão quanto ao estabelecimento de critérios definidos pela legislação que é estimular o uso racional através da adoção de práticas conservacionistas dos recursos hídricos nas áreas rurais.

Algumas observações podem ser feitas a partir do trabalho como, as legislações referentes aos recursos hídricos e, principalmente suas regulamentações, pois devem priorizar o caráter incentivador a preservação, mas considerar a viabilidade técnica, econômica e social das áreas de produção agrícola. A contribuição da agricultura na preservação e recuperação dos mananciais, quando bem manejada pode ser considerada como investimento na proteção dos recursos naturais.

No que diz respeito aos agricultores, quando por ocasião da outorga de direito de uso dos recursos hídricos, poderia ser exigido a apresentação de um projeto de irrigação e explicitado o método de controle da irrigação e a renovação da outorga poderia ser atrelada à manutenção das estruturas hidráulicas. Outra observação relevante é que o produtor poderia assumir o compromisso de elaborar e executar um plano de ações, adequado a sua área de produção, para reduzir o consumo de água, obedecendo a condições e prazos compatíveis com sua capacidade operacional e financeira. Para isso, a formalização dos acordos e o acompanhamento da evolução dos projetos poderiam estar a cargo dos Comitês de Bacias Hidrográficas.

REFERÊNCIAS

ABE, J., Impactos decorrentes nos principais setores usuários: Setor Agrícola Uso racional e eficiente da água é a melhor forma de participação da agricultura. In: THAME, A. C. M. (Org). **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo: IQUAL, Instituto de Qualificação e Editoração, 2000. 201-205 p.

ADAMI, A. C. O. **Risco e retorno de investimento em citros no Brasil**. 2010. 150 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**:Informe 2012. Edição Especial. Brasília: ANA, 2012. 215 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Gerência de Outorgas. Outorgas emitidas de 2001 a 2011.2012 Disponível em:<http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/uorgs/sof/geout.aspx#outorgasana>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Implementação da cobrança pelo uso de Recursos Hídricos e Agência da água das Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí**. Brasília: ANA, SAG, 2009.176 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Deliberação 707 de 21 de dezembro de 2004**. 2004. Disponível em: www.ana.gov.br/resolucoes/2004/707-2004.pdf.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Agricultura Irrigada**: estudo técnico preliminar. Brasília, 2004. 107 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos – Informe 2010**. Brasília: ANA, 2010. 76 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água**. Brasília, 2011.

AGRIANUAL , 2011. Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira. FNP Consultoria e Comércio, São Paulo, Brasil. 392 p.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de. Aspectos conceituais do uso eficiente da água na agricultura. In: GOMES, M.A.F.;PESSOA, M.C.P.Y (Editores Técnicos). **Planejamento Ambiental do Espaço Rural com ênfase para microbacias hidrográficas: Manejo de Recursos Hídricos, ferramentas computacionais e Educação Ambiental**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 407 p.

ALLEN, R. G.,PEREIRA, L. S., RAES, D. SMITH, M. **FAO: Guidelines for computing crop water requirements**. (Irrigation and Drainage Paper, 56). Roma: 1998. 310 p.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial**, Brasília, 09 jan. 1997. Seção 1, 470 p.

BRASIL. Lei n. 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA. **Diário Oficial**, Brasília, 18 jul. 2000. Seção 1, 1 p.

BRASIL. **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934**. Decreta o Código de Águas. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 28 de jul de. 2012.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado, 1988. 168 p.

CÂMARA TÉCNICA DE USO E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA NO MEIO RURAL (CT-RURAL). Ata da 21ª Reunião Ordinária da CT-RURAL de 20 de julho de 2007. CATI, Campinas/SP. 2007.

CAPECHE, C. L. et al. **Curso de recuperação de áreas degradadas**: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p. (Embrapa Solos. Documento, 103)
<http://www.prodemb.cnptia.embrapa.br/busca.jsp> acesso 02 de agosto de 2012.

CARVALHO, G. B. B., THOMAS, P. T. & AMORIM, M. A. M. **Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2011. 8 p.
http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Estudos/Resumo_Caderno_Cobranca_21.11.2011.pdf acesso: 15 de julho de 2012.

CBH-PCJ - Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Plano das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010 – 2020, com propostas de atualização do enquadramento dos corpos d'água e de Programa para efetivação do enquadramento dos corpos d'água até o ano de 2035**, 2010.

CBH-PCJ - Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Relatório da Situação dos Recursos Hídricos 2011**. Disponível em: http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/RS/PCJ_RS-2011_RelatorioFinal.pdf. Acesso: 20 de julho 2012.

CBH-PCJ -Comitês das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Deliberação conjunta dos Comitês PCJ no 078/07 de 05/10/2007**. 2007. Disponível em: www.comitepcj.sp.gov.br/download/DelibConj078-07.PDF.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Custos de produção agrícola A metodologia da Conab**. Brasília: Conab, 2010. 60 p.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE / CONAMA. **Resoluções nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial**, Brasília, 18 mar. 2005. Seção 1, 58 p.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE / CNRH. **Resolução nº 52, DE 28 DE NOVEMBRO DE 2005.** Aprova os mecanismos e os valores para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Diário Oficial**, Brasília, 30 nov. 2005. Seção 1, 124 p.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE / CONAMA. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial**, Brasília, 16 mai. 2011. Seção 1, 89 p.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE / CONAMA. **Resoluções nº 20, de 18 de junho de 1986.** Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. **Diário Oficial**, Brasília, 30 jul. 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>>. Acesso em: 20 de julho de 2012.

FRIZZONE, J. A. **Análise de decisão econômica em irrigação.** Série Didática Nº 17. ESALQ. Departamento de Engenharia Rural. 2005. 371 p.

FOLEGATTI, M.V.; SILVA, T.J.A.; CASARINI, E. O manejo da irrigação como elemento essencial na utilização racional dos recursos hídricos. In: THAME, A. C. M. (Org). **A cobrança pelo uso da água na agricultura.** São Paulo: IQUAL, Instituto de Qualificação e Editoração, 2004. 213-219 p.

FOLEGATTI, M.V.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M., COELHO, . R. D., FRIZZONE, J. A. **Gestão dos recursos hídricos e agricultura irrigada no Brasil.** IN: Águas do Brasil: Análises Estratégicas. Org. Carlos E. de M. Bicudo, José Galizia Tundisi e Marcos C. Barnsley Scheuenstuhl. Instituto de Botânica. São Paulo, 2010.224 p.

GRANZIERA, M. L. M., **Direito de Águas: Disciplina jurídica das águas doces.** 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2006. 252 p.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças.** 2. Ed. Brasília, DF, Embrapa Hortaliças, 2011. 22 p. il. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 98).

MEIRELLES, F. Impactos decorrentes nos principais setores usuários: Setor Agrícola A visão da FAESP. In: THAME, A. C. M. (Org). **A cobrança pelo uso da água.** São Paulo: IQUAL, Instituto de Qualificação e Editoração, 2000. 197-200 p.

MELLO, J. L. P., SILVA, L. D. B., **Apostila Irrigação.** Departamento de Engenharia. Instituto de Tecnologia – UFRRJ, 2009. 190 p. Disponível em: www.ufrrj.br/institutos/it/APOSTILA/IRRIGACAO_V.04.doc. Acesso em: 28 de julho de 2012.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica.** 2ª Edição. Viçosa: Ed.UFV. 2009. 279 p.

REZENDE, R., FREITAS, P. S. L., FRIZZONE, J.A., **Irrigação por aspersão**. Eduem. Maringá: 2011. 200 p.

Departamento de Águas e Energia Elétrica. Plano Estadual de Recursos Hídricos. **Relatório 9 - Impacto da cobrança pelo uso da água por tipo de usuário** dezembro/2004. Disponível em: www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/.../CRH/1054/r9_impacto.pdf acesso em: 24 de junho de 2012.

SILVA, R. T. **Aprimoramento da metodologia de cobrança pelo uso da água aplicada ao setor rural das Bacias PCJ**. 2007 Simpósio “Experiência em Gestão dos Recursos Hídricos por Bacia Hidrográfica” 2007.

THOMAS, P. T. **Proposta de Cobrança pelo Uso das Águas Transpostas da Bacia do rio São Francisco**. 2008. 188 p. Tese (doutorado em Engenharia Civil) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2008.

THOMAS, P.T., 2005, **Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí**. Nota Técnica nº476/2005/SOC, ANA, Brasília – DF, novembro.