



Fundação de Apoio à Universidade Federal de Viçosa

CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO  
Nº 37/2012

ATO CONVOCATÓRIO Nº 11/2012  
CONTRATO DE GESTÃO Nº 072/ANA/2011

RELATÓRIO TÉCNICO  
**Produto 2 – Relatório Parcial 02**

## **ESTUDOS DE APRIMORAMENTO DOS MECANISMOS DE COBRANÇA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE**

VIÇOSA – MG  
MAIO, 2013



**CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO**  
Nº 37/2012

**ATO CONVOCATÓRIO Nº 11/2012**  
**CONTRATO DE GESTÃO Nº 072/ANA/2011**

**RELATÓRIO TÉCNICO**  
Produto 2 – Relatório Parcial 02

**ESTUDOS DE APRIMORAMENTO DOS MECANISMOS DE COBRANÇA DA BACIA**  
**HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE**

**COORDENAÇÃO TÉCNICA**

**Instituto Bioatlântica (IBIO – AGB DOCE)**  
**Diretor Geral**  
Carlos Augusto Brasileiro de Alencar

**Coordenador de Apoio ao Sistema de**  
**Gestão de Recursos Hídricos**  
Fabiano Henrique da Silva Alves

**Diretor Técnico**  
Edson de Oliveira Azevedo

**Coordenador de Tecnologia da Informação**  
Rossini Pena Abrantes

**Diretor Administrativo Financeiro**  
Carlos Magno Toledo Gouvêa

**Comissão de Acompanhamento dos Produtos**  
Comissão de Acompanhamento dos Contratos de Gestão (CACG) da Agência Nacional de Águas  
(ANA)  
Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (CBH-Doce) – A definir

**EQUIPE EXECUTORA / FUNARBE**

**Coordenador/Especialista I**  
Fernando Falco Pruski  
**Especialista II**  
Demetrius David da Silva  
**Especialista III**  
Alisson Carraro Borges

**Especialista IV**  
Silvio Bueno Pereira  
**Especialista V**  
Márcio Pereira  
**Especialista VI**  
Luiz Antônio Abrantes

**Maio de 2013**

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	6
2. APERFEIÇOAMENTO DO $K_t$ , COM RECONHECIMENTO DAS BOAS PRÁTICAS E CONSERVAÇÃO DAS ÁGUAS .....	7
2.1. Mecanismo de cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Doce.....	7
2.1.1. Histórico do $K_t$ .....	8
2.2. Caracterização e proposição de um fator multiplicador $k_t$ relativo ao uso de boas práticas de conservação do solo e da água .....	10
2.2.1. Capacidade de uso do solo .....	11
2.2.2. Categorias do sistema de capacidade de uso .....	13
2.2.2.1. Grupos de capacidade de uso.....	13
2.2.2.2. Classes de capacidade de uso.....	14
2.2.2.3. Subclasses de capacidade de uso .....	15
2.2.2.4. Unidades de capacidade de uso .....	16
2.2.3. Critérios para caracterização das boas práticas .....	19
2.2.4. Atendimento ao Código Florestal.....	22
2.2.5. Base de dados para caracterização das boas práticas.....	26
2.2.6. Resultados obtidos pela metodologia proposta .....	28
2.2.7. Simulação .....	40
2.3. Levantamento, análise e caracterização das práticas de eficiência do uso da água pela indústria, mineração, abastecimento urbano e irrigação e proposição de fator multiplicativo que considere estas práticas.....	42
2.3.1. Indústria e mineração .....	42
2.3.1.1. Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos.....	42
2.3.1.2. Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0) .....	52
2.3.1.3. Práticas de uso e conservação da água no setor industrial.....	55
2.3.1.3.1. Captação de água de chuva .....	56
2.3.1.3.2. Reuso de água.....	57
2.3.1.3.2.1. Reuso em cascata.....	58
2.3.1.3.2.2. Reuso de efluentes tratados ou reuso com tratamento .....	60

2.3.1.4. Indicadores de uso de água para algumas tipologias industriais da bacia do rio Doce.....	61
2.3.1.4.1. Indústrias Extrativistas .....	61
2.3.1.4.2. Indústrias de Transformação.....	65
2.3.1.4.2.1. Celulose e Papel.....	65
2.3.1.4.2.2. Siderurgia .....	67
2.3.1.4.3. Indústria química .....	70
2.3.1.4.4. Considerações sobre indicadores de uso da água no setor industrial.....	71
2.3.1.5. Proposição de Kt com reconhecimento das boas práticas de uso de água no setor industrial .....	72
2.3.2. Saneamento .....	77
2.3.2.1. Preliminares.....	77
2.3.2.2. Uso Racional de Água em Companhias de Abastecimento .....	82
2.3.2.3. Uso do IARA na definição do coeficiente de boas práticas .....	86
2.3.2.4. Simulações .....	86
2.3.3. Irrigação.....	88
2.3.3.1. Cálculo do consumo unitário considerado como base de referência para o mês $i$ ( $q_{u,i}$ ).....	90
2.3.3.1.1. Evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) .....	91
2.3.3.1.2. Coeficiente da cultura ( $K_c$ ).....	91
2.3.3.1.3. Precipitação efetiva ( $P_{ef}$ ) .....	93
2.3.3.1.4. Eficiência de aplicação ( $E_a$ ).....	94
2.3.3.1.5. Fator de proporcionalidade relativo às horas do dia em que é realizado o bombeamento da água (NHD/ NHFP) .....	95
2.3.3.1.6. Consumo unitário considerado como base de referência para o mês $i$ ( $q_{u,i}$ ).....	95
2.3.3.2. Fator de uso da Irrigação ( $F_{ui}$ ) .....	96
2.3.3.3. Simulação.....	99
3. DEFINIÇÃO DE FAIXAS DE USUÁRIOS.....	103
3.1. Políticas públicas afetas ao setor agropecuário .....	103
3.1.1. Do Programa de Apoio e Incentivo à Preservação e Recuperação do Meio Ambiente e o “Pagamento por Serviços Ambientais” .....	104

3.1.2. Programa de Regularização Ambiental .....	106
3.1.3. Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) e os incentivos a pequenos produtores .....	107
3.1.4. Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono .....	109
3.1.5. Programa de Desenvolvimento da Agricultura Orgânica .....	110
3.1.6. Do Programa de Apoio à Conservação Ambiental .....	110
3.1.7. Programa Produtor de Água .....	111
3.1.8. Política Agrícola .....	112
3.2. Categorias de propriedades e empreendimentos agropecuários .....	113
3.2.1. Pequena, média e grande propriedade .....	114
3.2.2. Propriedade familiar .....	115
3.2.3. Propriedade produtiva e improdutiva .....	115
3.2.4. Latifúndio e minifúndio .....	117
3.2.5. Propriedades com uso irregular e propriedades regulares .....	118
3.2.6. Propriedades que cumpram sua função social .....	118
3.3. Proposta .....	120
4. REFERÊNCIAS .....	122

## 1. INTRODUÇÃO

Este documento consiste no Relatório Técnico Parcial 02 e o qual corresponde aos itens 2.2 e 2.3 do Ato Convocatório nº 11/2013. Esses itens tratam do aperfeiçoamento do  $K_t$  com reconhecimento das boas práticas de uso e conservação das águas, e da definição de faixas de usuários do setor agropecuário que captem volumes pequenos de água, respectivamente.

A cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia do rio Doce, no que se refere à parcela de captação, prevê um coeficiente multiplicador  $K_t$ , definido como “coeficiente que leva em conta a natureza do uso e/ou as boas práticas de uso e conservação da água”. A priori, esse coeficiente foi definido como unitário, exceto aos usos agropecuários para os quais assume, dependendo do Comitê com atuação na bacia, valores de 0,050 ou 0,025. Portanto, o coeficiente  $K_t$ , da forma como colocado, não está atrelado às boas práticas de uso e conservação da água.

Este fato caracteriza a importância deste estudo, uma vez que a bacia do rio Doce apresenta intensa atividade econômica e ocupação populacional. Dentre as atividades econômicas destacam-se: a agropecuária, a mineração, a indústria de celulose e a siderurgia. A bacia sofre com problemas de desmatamento e mau uso dos solos, que aceleram a erosão, assoreiam os cursos d'água e provocam severas inundações (Amorim et al., 2011).

## 2. APERFEIÇOAMENTO DO $K_t$ , COM RECONHECIMENTO DAS BOAS PRÁTICAS E CONSERVAÇÃO DAS ÁGUAS

### 2.1. Mecanismo de cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Doce

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (CBH-Doce) aprovou, em 31 de março de 2011, a Deliberação CBH-Doce nº 26, que “dispõe sobre mecanismos e valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Doce”. Essa Deliberação é fruto de um processo de debate que envolve todos os dez comitês com atuação na bacia do Doce e todos os três órgãos gestores atuantes na bacia, numa articulação e integração inédita na gestão dos recursos hídricos do País (Amorim et al., 2011).

Conforme Deliberação CBH-Doce nº 26 (2011), a cobrança pelo uso de recursos hídricos é feita com a seguinte estrutura básica:

$$\text{Cobrança} = \text{Base de Cálculo} \times \text{PPU} \times \text{Coeficientes}$$

em que PPU é o preço público unitário, em R\$/m<sup>3</sup>.

A base de cálculo é um componente que visa quantificar os tipos de uso como, por exemplo, a captação, lançamentos de efluentes, transposição e geração de energia elétrica por meio de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs).

Conforme Art. 3º da Deliberação CBH-Doce nº 26 (2011), a cobrança pela captação de água é feita de acordo com a seguinte equação básica:

$$\text{Valor}_{\text{cap}} = Q_{\text{cap}} \text{ PPU}_{\text{cap}} K_{\text{cap}} \quad (1)$$

em que:

$\text{Valor}_{\text{cap}}$  = valor anual de cobrança pela captação de água, em R\$/ano;

$Q_{\text{cap}}$  = volume anual de água captado, em m<sup>3</sup>/ano;

$PPU_{cap}$  = Preço Público Unitário para captação, em R\$/m<sup>3</sup>;

$K_{cap}$  = coeficiente que considera objetivos específicos a serem atingidos mediante a cobrança pela captação de água.

No parágrafo 1º do Art. 3º da Deliberação CBH-Doce nº 26 (2011), é definido o cálculo do coeficiente  $K_{cap}$ , descrita da seguinte forma:

$$K_{cap} = K_{cap\ classe} K_t \quad (2)$$

em que:

$K_{cap\ classe}$  = coeficiente que leva em conta a classe de enquadramento do corpo d'água no qual se faz a captação, sendo igual a 1 enquanto o enquadramento não estiver aprovado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos; e

$K_t$  = coeficiente que leva em conta a natureza do uso e/ou as boas práticas de uso e conservação da água.

Conforme o parágrafo 2º do Art. 3º da Deliberação CBH-Doce nº 26 (2011), o  $K_t$  será igual a 1, exceto para os usos agropecuários para os quais o  $K_t$  assume valor igual a 0,025.

### 2.1.1. Histórico do $K_t$

Conforme Nota Técnica nº 101/2010/SAG, o  $K_t$  tem como princípio o incentivo às boas práticas. É definido como sendo o coeficiente que leva em conta a natureza do uso e/ou as boas práticas de uso e conservação da água, sendo igual a 1, exceto para os usos agropecuários, para os quais será igual a 0,050.

Em reunião do Grupo Técnico de Articulação Institucional (GTAI), realizada nos dias 18 a 19 de novembro de 2010, o Sr. Afonso Luiz Bretas, do Sindicato de Produtores Rurais de Governador Valadares, propôs, em nome do setor rural, que o

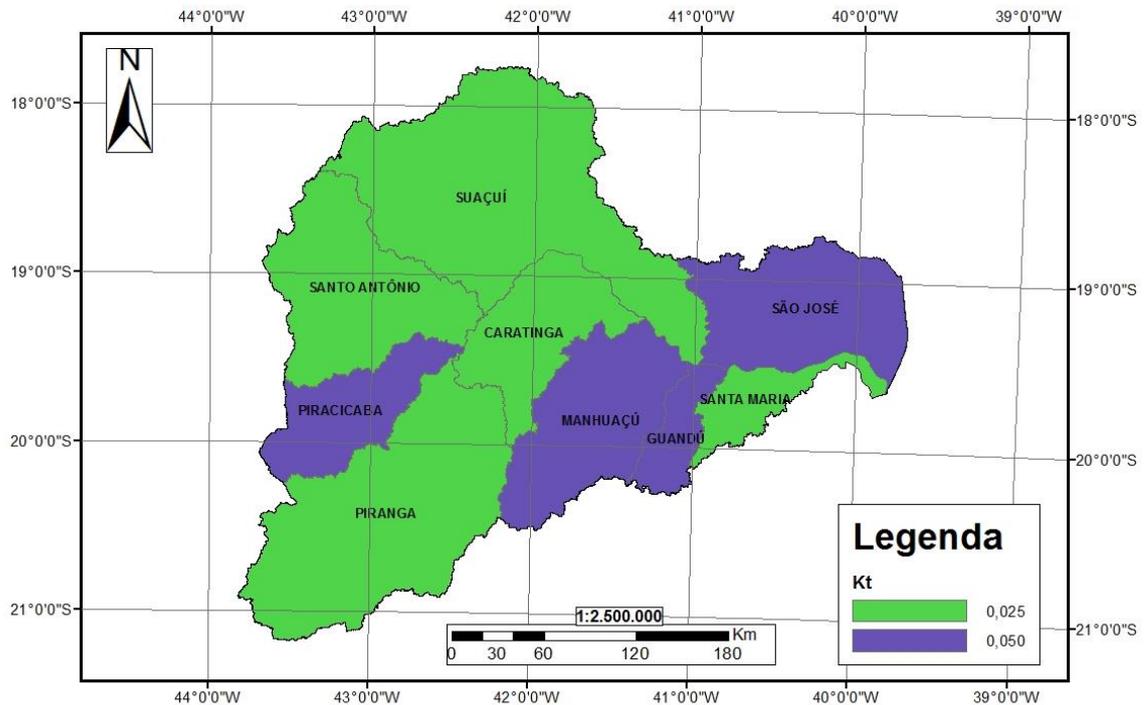
$K_t$ , para os usos do setor agropecuário, assumisse valor 0,025, ao invés do valor de 0,050 da minuta de deliberação proposta pelo GTAI.

No Parágrafo 2º do Art. 3º da Deliberação CBH-Doce nº 26 (2011), que dispõe sobre mecanismos e valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Doce, verifica-se que a proposta do Sr. Afonso foi deferida, pois a mesma delibera, dentre outras, a cobrança de recursos hídricos de domínio da União da Bacia Hidrográfica do Rio Doce com uso do  $K_t$  igual a 1, exceto para os usos agropecuários para os quais o  $K_t$  assume valor igual a 0,025.

No Parágrafo 5º do Art. 3º da Deliberação CBH-Doce nº 26, deixa claro que o  $K_t$  deverá sofrer aperfeiçoamentos, mediante deliberação dos Comitês com atuação na bacia do rio Doce, uma vez que o  $K_t$ , da forma como apresentado, não está atrelado às boas práticas de uso e conservação das águas. Trata-se de um coeficiente importante no cálculo da cobrança pelo uso do recurso hídrico, possibilitando uma redução se os setores investirem em boas práticas de conservação da água e do solo na bacia do rio Doce.

Nos CBH dos rios Doce, Caratinga, Suaçuí, Santo Antônio e Piranga o  $K_t$  é definido como sendo unitário, exceto para os usos agropecuários para os quais assume valor igual a 0,025. Para os CBH dos rios Guandu, Manhuaçu, São José e Piracicaba, o  $K_t$  também assume valor igual a 1, exceto para os usos agropecuários para os quais o  $K_t$  é igual a 0,050. O CBH do Rio Guandu descreve, ainda, que o  $K_t$  assume valor igual a 0,025 para pequenos usuários de água.

Na Figura 1 têm-se a representação das Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRHs), mostrando os valores de  $K_{t\_DELIB}$  praticados por cada UPGRHs.



**Figura 1 – Valor de  $K_t$  praticado atualmente por Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH), conforme deliberações de cada Comitê de Bacia do rio Doce.**

## **2.2. Caracterização e proposição de um fator multiplicador $k_t$ relativo ao uso de boas práticas de conservação do solo e da água**

O conceito de solo pode ser considerado, segundo Lepsch (1983), como o conjunto de corpos tridimensionais que ocupam a porção superior da crosta terrestre, capazes de suportar plantas, apresentando atributos internos próprios e características externas (declividade, pedregosidade, rochosidade), tais que é possível descrevê-los e classificá-los.

O solo tem sido intensamente modificado, e com isso, também ocorre alteração em suas características. O processo de colonização e expansão das fronteiras agrícolas faz com que os ambientes naturais sejam gradativamente eliminados e substituídos, remanescendo poucas áreas naturais, concentradas principalmente em unidades de conservação. A necessidade de estabelecimento de

zonas de uso agropastoril faz-se necessária, principalmente, em regiões cuja economia baseia-se nessa atividade.

O uso adequado da terra, segundo Lepsch et al. (1991) e Bertolini e Bellinazzi Jr. (1991), consiste na etapa inicial para estabelecimento de uma agricultura correta. A definição de zonas de manejo possibilita o estabelecimento de atividades previstas para cada área em questão, considerando-se a sua capacidade de suporte e aptidão.

Para Muramoto et al. (1993), o diagnóstico da adequação agrícola das terras rurais de uma região envolve a caracterização do meio físico, do uso atual e a determinação da capacidade de uso das terras, sendo possível, com esses dados, identificarem a compatibilidade entre a capacidade de uso e o uso da terra, além de poder identificar as áreas utilizadas com prejuízo potencial ao ambiente (acima da capacidade de uso) e as subutilizadas (abaixo da capacidade de uso).

### **2.2.1. Capacidade de uso do solo**

Segundo Lepsch et al. (1991), a capacidade de uso da terra pode ser conceituada como a adaptabilidade da terra às diversas formas de utilização agrícola, sem que ocorra o depauperamento do solo pelos fatores de desgaste e empobrecimento, devido seu a uso.

Em seguida devemos entender que a capacidade de uso indica o grau de intensidade de cultivo que se pode aplicar em um terreno sem que o solo sofra diminuição de sua produtividade por efeito da erosão do solo, ou seja, tem o propósito de definir a máxima capacidade de uso do solo sem risco de degradação. De acordo com Pruski (2009), o uso adequado da terra é o primeiro passo para a conservação do solo.

Segundo Lepsch et al. (1991), o sistema de capacidade de uso da terra é uma classificação técnica interpretativa, originalmente desenvolvida pelo Serviço de Conservação do Solo dos EUA, para agrupar solos em Classes de Capacidade de Uso. Esta classificação foi adaptada para as condições brasileiras, visando identificar as limitações permanentes e possibilidades de uso das terras, através de sistematização das informações de uma determinada área para definir a máxima

capacidade de uso, sem que esta corra o risco de degradação do solo, especialmente no que diz respeito à erosão acelerada (Pruski, 2009).

A erosão acelerada constitui fenômeno de grande importância em razão da rapidez com que se processa e pelo fato de acarretar grandes prejuízos, não só para a exploração agropecuária, mas também para diversas outras atividades econômicas e ao próprio meio ambiente.

Para entendimento do processo erosivo é importante ressaltar que a erosão consiste no processo de desprendimento e arraste das partículas do solo, ocasionado pela ação da água (erosão hídrica) e do vento (erosão eólica), constituindo a principal causa da degradação das terras agrícolas. Grandes áreas cultivadas podem se tornar improdutivas, ou economicamente inviáveis, se a erosão não for mantida em níveis toleráveis (Pruski, 2006).

No Brasil, localizada em grande parte na região tropical, a erosão hídrica apresenta maior interesse por ser de ocorrência mais frequente, processar-se com maior rapidez e causar grandes prejuízos não só ao setor agrícola, como também a diversas outras atividades econômicas e ao próprio meio ambiente.

A erosão hídrica ocorre quando há ruptura do equilíbrio natural existente no solo, e as forças advindas de fatores climáticos, como as chuvas, principalmente, passam a ser suficientes para desequilibrar esse sistema. Associadas a outros fatores relativos às condições do terreno sobre o qual a chuva incide, essas forças determinam a intensidade do processo erosivo. Dentre os fatores relacionados às condições do terreno que interferem no processo erosivo, destacam-se a declividade, a capacidade de infiltração de água no solo, a distância percorrida pelo escoamento superficial, a rugosidade superficial, a resistência do solo à ação erosiva da chuva e a porcentagem de cobertura do solo existente à época da ocorrência da chuva (Pereira et al., 2003).

Este fato mostra a importância de se trabalhar o solo conforme a capacidade de uso. Esta ideia está ligada às possibilidades e limitações que as terras apresentam, ou seja, indica a intensidade de cultivo que pode ser aplicada ao solo sem que este sofra diminuição da capacidade produtiva por efeito da erosão.

## 2.2.2. Categorias do sistema de capacidade de uso

As categorias do sistema de classificação em capacidade de uso estão assim hierarquizadas:

- Grupos de capacidade de uso (A, B e C): estabelecidos com base nos tipos de intensidade de uso das terras;
- Classes de capacidade de uso (I a VIII): baseadas no grau de limitação do uso;
- Subclasses de capacidade de uso (Ile, IIle, IIIa, etc.): baseadas na natureza da limitação de uso;
- Unidades de capacidade de uso (Ile-1, lie-2, IIIe-1 etc.): baseadas em condições específicas que afetam o uso ou manejo da terra.

### 2.2.2.1. Grupos de capacidade de uso

As terras podem ser definidas em três categorias. As classes de capacidade de uso são baseadas nestas três categorias:

- Grupo A: terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e, ou reflorestamento e vida silvestre (comportam as classes I, II, III e IV).
- Grupo B: terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens e, ou reflorestamento e, ou vida silvestre (Compreende as classes V, VI e VII).
- Grupo C: terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água (comporta a classe VIII).

## 2.2.2.2. Classes de capacidade de uso

Numa caracterização sintética das classes de capacidade de uso de seus grupos A, B, e C, pode-se assim considerá-las:

### Grupo A

- Classe I: terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação;
- Classe II: terras cultiváveis com problemas simples de conservação e, ou de manutenção de melhoramentos;
- Classe III: terras cultiváveis com problemas complexos de conservação e, ou de manutenção de melhoramentos;
- Classe IV: terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação;

### Grupo B

- Classe V: terras adaptadas em geral para pastagens e, em alguns casos, para reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação, são cultiváveis apenas em casos muito especiais;
- Classe VI: terras adaptadas em geral para pastagens e, ou reflorestamento, com problemas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo;
- Classe VII: terras adaptadas em geral somente para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação;

### Grupo C

- Classe VIII: terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, podendo servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação, ou para fins de armazenamento de água.

### 2.2.2.3. Subclasses de capacidade de uso

A natureza da limitação é designada por letras minúsculas, de modo que a subclasse de capacidade de uso é representada pelo algarismo romano (da classe) seguido da letra designativa do fator limitante. Convencionalmente, as limitações de uso podem ser de quatro naturezas, a saber:

- e: limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão;
- s: limitações relativas ao solo;
- a: limitações por excesso de água; e
- c: limitações climáticas.

Nas limitações por erosão presente ou riscos de erosão devem ser considerados:

- a) o relevo;
- b) o deflúvio; e
- c) a erodibilidade.

Para as limitações devidas ao solo são considerados como importantes:

- a) profundidade efetiva;
- b) capacidade de retenção de água;
- c) permeabilidade e drenagem interna do solo;
- d) fertilidade; e
- e) possibilidade de motomecanização.

O excesso de água no solo é prejudicial à maioria das culturas, por expulsar o ar do sistema poroso, restringido a respiração das raízes e interferindo no seu desenvolvimento. Ele interfere na aeração do perfil e, conseqüentemente, na absorção dos nutrientes pelas plantas. O excesso de água pode ocorrer em qualquer posição topográfica por impedimento de caráter físico no perfil, como é o caso de camadas impermeáveis ou pouco permeáveis próximas à superfície.

Para as limitações climáticas os parâmetros a considerar são:

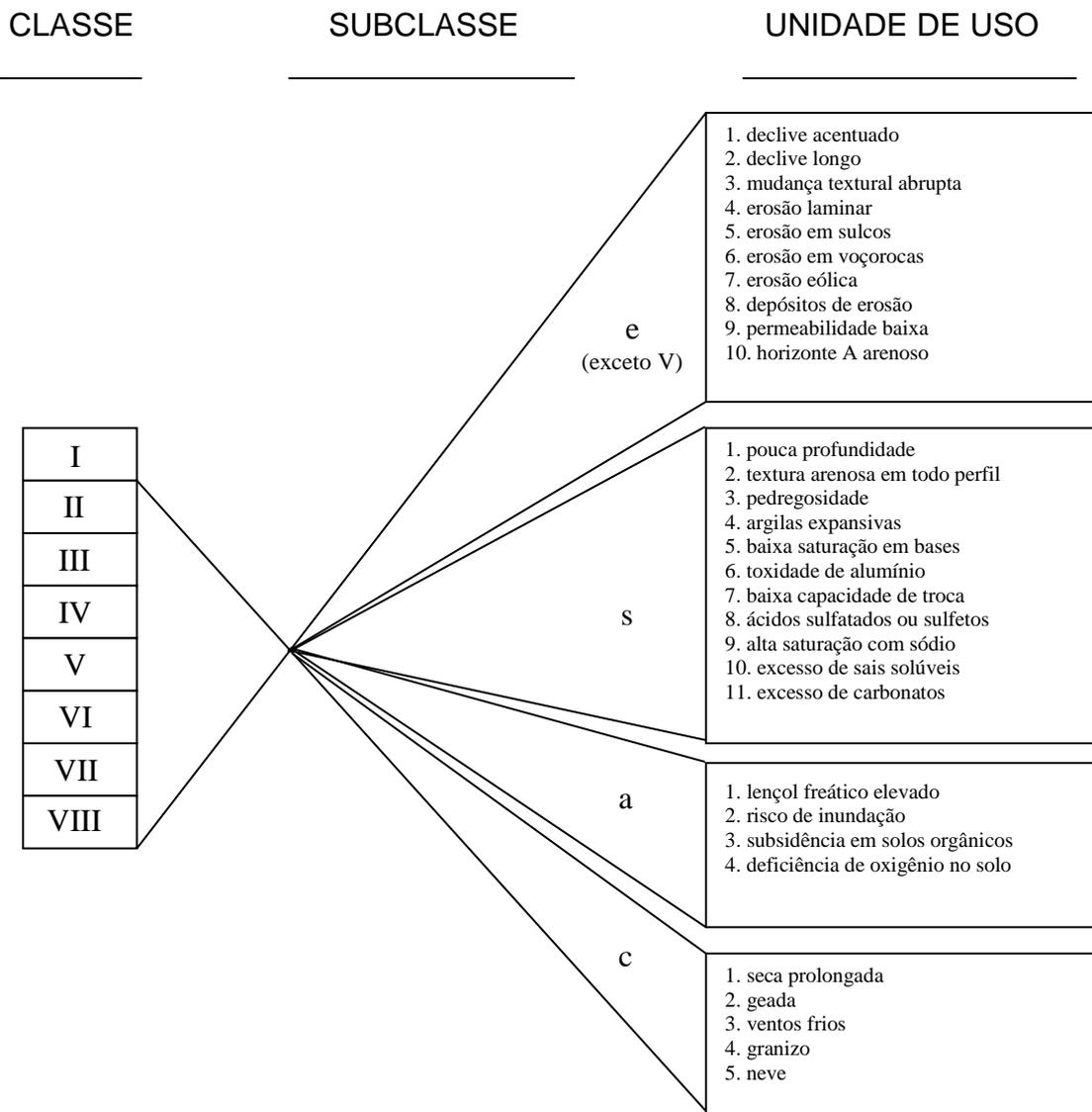
- a) excedente hídrico;
- b) consumo de água através da evapotranspiração real;
- c) deficiência hídrica; e
- d) reumedecimento (reposição pelas chuvas).

#### **2.2.2.4. Unidades de capacidade de uso**

As unidades de capacidade de uso tornam mais explícita à natureza das limitações, ou seja, facilitam o processo de estabelecimento das práticas de manejo. Nem sempre, a simples designação da subclasse torna clara a prática ou conjunto de práticas a ser adotada. Por exemplo, a subclasse III<sub>s</sub> (classe III com limitação pelo solo), onde s pode estar representando: pouca profundidade, pedregosidade, salinidade, etc. A maneira de explicitar cada um dos fatores limitantes é através da unidade de capacidade de uso, que é designada pela colocação de algarismos arábicos à direita do símbolo da subclasse, separada por um hífen.

A Figura 2 apresenta um esquema representativo da variação do tipo e da intensidade máxima de utilização da terra sem risco de erosão acelerada em função das classes de capacidade de uso.





**Figura 3 – Esquema representativo das classes, subclasses e unidades de capacidade de uso (Adaptado de PERALTA, 1963).**

### 2.2.3. Critérios para caracterização das boas práticas

O uso adequado do solo é o primeiro passo para uma agricultura correta. Para isso, deve-se saber que cada parcela do terreno possui uma capacidade de uso. A capacidade de uso da terra é a adaptabilidade do solo às várias modalidades de utilização, sem que este sofra esgotamento pelos fatores de desgaste e empobrecimento.

A adaptação proposta para mensuração das boas práticas de uso e conservação das águas remete a uma simplificação da metodologia relatada anteriormente, visando uma melhor operacionalização para uso do  $K_t$ .

São vários aspectos que devem ser analisados para classificação do solo, segundo suas classes de capacidade de uso e ocupação. No entanto, visando a melhor operacionalidade, o critério adotado para mensuração das boas práticas é o uso apenas do fator condicionador relacionado com as limitações imposta pelo risco de erosão (Subclasse de capacidade de uso representado pela letra “e”). O fator que representa esta limitação é a declividade, pois esta, além de ser importante na classificação, é um fator de grande importância para a classificação do solo quanto a sua capacidade de uso para as condições da bacia do rio Doce em função do seu relevo bastante acidentado.

Desta forma, caracterizam-se as classes de capacidade de uso de acordo com faixas de declividade, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Critérios utilizados para a classificação do solo conforme o fator condicionador declividade

Faixa de Declividade (%)	Relevo*	Classe de Capacidade de Uso							
		I	II	III	IV	VI	VII	VIII	
0 – 3	Plano	X	X	X	X	X	X	X	X
3 – 5	Suave Ondulado		X	X	X	X	X	X	X
5 – 12	Ondulado			X	X	X	X	X	X
12 – 20	Moderadamente Ondulado				X	X	X	X	X
20 – 40	Fortemente Ondulado					X	X	X	X
Maior que 40	Montanhoso						X	X	X

Fonte: Rio Grande do Sul (1983)

\*Fonte: Adaptado de EMBRAPA (1979)

A Classe V foi retirada da análise, uma vez que esta não está atrelada ao fator condicionador relacionado com a declividade.

Para viabilização deste critério foram trabalhados dados georreferenciados da bacia do rio Doce, e determinado o Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado (MDEHC). Posteriormente, foi gerado o mapa de declividade para a bacia e, a partir do mapa de declividade, foi possível adequá-lo com as Classes de Capacidade de Uso, conforme apresentado na Tabela 1. O mapa gerado, em função das faixas de declividades, representa, portanto o Mapa das Classes de Capacidade de Uso do Solo recomendado para a bacia hidrográfica do rio Doce.

No Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (PIRH-Doce), aprovado pelo CBH-Doce por meio da Deliberação nº 24, de 14 de julho de 2010, é apresentado o mapa da situação atual do uso da bacia do rio Doce. Para aplicação da metodologia foi adotado um procedimento de agrupamento das classes de uso atual do solo. Este procedimento foi utilizado para melhorar a operacionalização, tal que os usos atuais agrícolas foram agrupados nas Classes I, II e III (Classes, em geral, adaptadas para terras cultiváveis), e considerados como pertencente à classe intermediária (Classe II). Os usos caracterizados por pastagens e agropecuária foram agrupados nas Classes IV e VI (adaptadas, em geral, para uso com pastagem ou reflorestamento) e considerados como Classe V (classe intermediária). As áreas de preservação permanente, florestas, cursos d'água, manchas urbanas, foram agrupadas nas classes VII e VIII (Classes impróprias para exploração econômica) e consideradas como Classe VII. Portanto foi possível realizar o cruzamento dos mapas para se ter a comparação das classes de uso recomendada, obtida em função da declividade, com a situação atual do uso do solo na bacia do rio Doce.

Com base nos mapas obtidos, foi proposto um multiplicador para obtenção do  $K_t$ , denominado Fator de Boas Práticas ( $F_{BP}$ ), o qual é descrito pela equação:

$$F_{BP} = \sum_{i=0}^n \frac{A_c NCA}{A_t} \quad (3)$$

em que:

$F_{BP}$  = fator de boas práticas;

$A_c$  = área correspondente;

NCA = número de classes acima da capacidade de uso; e

$A_t$  = área total da propriedade.

O  $K_t$  é obtido multiplicando o  $K_{t\_DELIB}$  ao fator multiplicador  $F_{BP}$ , tal como segue:

$$K_t = K_{t\_DELIB} F_{BP} \quad (4)$$

em que:

$K_t$  = coeficiente que leva em conta a natureza do uso e/ou as boas práticas de uso e conservação da água;

$K_{t\_DELIB}$  = coeficiente de uso e conservação da água e solo, conforme Deliberação de cada comitê com atuação na bacia do rio Doce; e

$F_{BP}$  = fator de boas práticas.

O  $K_{t\_DELIB}$  assume valor de 0,025 ou 0,050, conforme consta na Deliberação de cada Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH). De acordo com as Deliberações o valor 0,025 é adotado pelas seguintes UPGRH's: Suaçuí, Santo Antônio, Piranga, Caratinga e Santa Maria. O valor 0,050 é adotado pelas UPGRH's: Piracicaba, Manhauçú, Guandú e São José. É importante ressaltar que na UPGRH-Guandú o valor adotado é de 0,050, exceto no caso de pequenos usuários de água, o qual assume o valor de 0,025.

O valor máximo que pode ser obtido para o número de classes acima da capacidade de uso é igual a cinco, uma vez que a máxima variação possível entre as classes é de II a VII. Esta situação representa o uso do solo na classe II, sendo este recomendado para a classe VII, resultando cinco classes acima da capacidade de uso do solo.

Para aplicação da metodologia de mensuração das boas práticas de uso e conservação da água é necessária à premissa do atendimento ao Código Florestal. Caso o produtor atenda ao Código Florestal, mas utilize a propriedade na Classe II, quando deveria utilizá-la como Classe IV, ele estará, portanto, duas classes acima da capacidade de uso da área, resultando em um  $K_t$  igual a 0,050 (para uma UPGRH que assume o  $K_{t\_DELIB}$  igual a 0,025).

Outro caso é quando o produtor usa a área de sua propriedade conforme a capacidade de uso do solo, sendo o número de classes acima do uso recomendado igual a zero. Este fato resultará em um  $K_t$  também igual a zero, valorizando, portanto, o uso adequado do solo.

A título de exemplo, para o produtor rural que tenha uma área de 80 ha, situada em uma UPGRH que pratica o  $K_{t\_DELIB}$  igual a 0,025, e utiliza 20% da área para cultivo, estando esta dentro da capacidade de uso do solo (Classe II). 50% da área encontra-se com pastagem (classe IV), sendo esta com capacidade de uso da classe VII, em função do relevo apresentado e, portanto, estando três classes acima da capacidade de uso recomendada. O restante da área (30%) com preservação permanente, atendendo ao código florestal. Neste caso resultará:

$$F_{BP} = \frac{0,2 \times 80 \times 0 + 0,5 \times 80 \times 3 + 0,3 \times 80 \times 0}{80} \Rightarrow F_{BP} = 1,5$$

$$K_t = 0,025 \times 1,5 \Rightarrow K_t = 0,0375 \text{ (valor que será praticado na propriedade)}$$

É importante ressaltar que o  $K_t$ , que representará a propriedade do usuário, será obtido automaticamente por meio do cruzamento dos mapas de capacidade de uso do solo com o de uso atual do solo, conforme metodologia proposta. Caso o produtor rural não concorde com o mapa de uso atual, apresentado pelo PIRH-Doce, este poderá autodeclarar a situação atual da propriedade para seguir com o critério de mensuração de boas práticas de uso e ocupação do solo. Nesse caso, fica submetido a uma possível fiscalização por parte dos órgãos gestores em função da autodeclaração.

#### 2.2.4. Atendimento ao Código Florestal

O presente trabalho propõe estabelecer critérios para cobrança de recursos hídricos que considerem as boas práticas de uso e conservação da água do ponto de vista técnico, ou seja, sob critérios estritamente técnico-científicos e não com base em critérios puramente normativos. Contudo, não é viável desconsiderar o

atendimento à legislação na base pela cobrança dos recursos hídricos, sob pena de incoerência do ordenamento jurídico e da atuação do próprio Estado, pelo que a proposta apresentada possui como premissa o atendimento ao Código Florestal e regulamentações decorrentes, consoante se passa a explicar.

Em um plano ideal, os critérios estabelecidos pela legislação ambiental/florestal seriam similares aos critérios que chamamos de técnicos; entretanto, em termos de Código Florestal, uma das críticas é justamente o afastamento do mesmo de bases científicas, principalmente no que tange à falta de critérios técnicos para definição das chamadas Áreas de Preservação Permanente, consoante se passa a explicar.

O Código Florestal (tanto o segundo, Lei 4.771/1965, quanto o novo, Lei 12.651/12) estabelecem uma série de restrições ao uso da propriedade visando, consoante seu art. 1º - A, o atendimento ao princípio do desenvolvimento sustentável, conjugando fatores sociais, econômicos e ecológicos que tangenciam o uso da propriedade.

Visando atingir tal finalidade, tem-se como uma das principais ferramentas, o estabelecimento das chamadas Áreas de Preservação Permanente (APPs), que são áreas de exploração muito restrita na propriedade, “coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”. Além destas áreas, com a mesma função, é estipulado um percentual da propriedade a ser ocupado por vegetação nativa, área esta a constituir a Reserva Legal (RLs). Sem desconsiderar outras restrições normativas, tem-se que as APPs e RLs são as que mais se destacam na Lei Florestal.

Acontece que estas restrições, em grande parte das vezes, não respeitam critérios técnicos, passando a representar restrições normativas que se destoam do objetivo proposto, que é a preservação dos recursos hídricos e demais características ecológicas globalmente consideradas. Assim, passam a ser um fim em si mesmo, a “lei pela lei”.

A título de exemplo, tem-se que a largura do curso d’água é o único critério legal para definição dos parâmetros de APP ao longo dos cursos d’água, porém, para a maioria dos especialistas, este não é o critério mais indicado. Segundo os

técnicos, as variáveis mais importantes, hierarquicamente, seriam: relevo/topografia, cobertura vegetal e solos <sup>1</sup>. Esta opinião doutrinária, inclusive, é condizente com o proposto para índice de  $K_t$ , que considera o declive e o uso do solo como principais critérios para aferição das boas práticas.

Isto porque, por exemplo, em um relevo pouco ondulado e com grande capacidade de infiltração do solo, os riscos de erosão e assoreamento são menores, podendo o ser a faixa de Preservação Permanente. Por outro lado, em solos muito arenosos ou com grandes declividades há necessidade de se deixar uma maior área com cobertura vegetal adequada.

*Quanto à questão da proteção das matas ciliares, o Código Florestal merece várias críticas, na medida em que não leva em conta a diversidade ambiental dos cursos d'água brasileiros. Como ressalta Luiz Mauro Barbosa na sua já por nós citada obra, é necessário lembrar que a realidade ambiental se apresenta de maneira heterogênea, cada rio organizando-se no relevo de forma diversificada. Assim, por exemplo, em regiões onde os vales são mais abruptos e mais sujeitos a erosão, a mata ao longo do rio deve ser mais extensa do que nas planícies fluviais amplas e relativamente planas, cujos terrenos são mais estáveis e onde os processos erosivos são menos drásticos. No estabelecimento de faixas para preservação da mata ciliar outros fatores como os mencionados devem ser considerados, especialmente na fase atual, onde se propõe a recuperação de grandes trechos degradados das matas ciliares. Desta forma, alguns fundamentos ecológicos para o manejo de florestas, relacionados com o ciclo hidrológico, diversidade biológica e ciclagem de nutrientes também precisam ser considerados.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> NEIVA, Sigrid de Aquino: **As Áreas de Preservação Permanente no Brasil: a percepção de especialistas**. 2009. 137f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, p. 111.

<sup>2</sup> RODRIGUES, José Eduardo Ramos. Aspectos jurídicos das matas ciliares: preservação e recuperação. Revista de Direito Ambiental, São Paulo, v. 5, n. 17, p. 188-193, jan./mar., 2000.

Tem-se, assim, de um lado a legislação e de outro a ciência (que não estritamente a jurídica). Diante desta realidade, como conciliar o índice proposto e o Código Florestal vigente?

Ora, diante dos critérios propostos para  $K_t$ , é possível que uma prática ao longo do curso d'água, por ser um terreno plano, com boa capacidade de uso, tenha um uso adequado para o local e seja redutor do índice  $K_t$ . No entanto, o referido uso é proibido pela legislação florestal, por se realizar em Área de Preservação Permanente.

De um lado, não é viável que se reduza os critérios para cálculo de  $K_t$  ao simples atendimento à legislação, na medida em que este fato iria desconsiderar os fatores técnicos já levantados, não assegurando as boas práticas de conservação da água e do solo almejadas com um índice que beneficiem aqueles que a pratiquem. Por outro lado, não se pode desconsiderar o atendimento à lei, em um indireto incentivo a seu descumprimento, o que resultaria em uma inaceitável incoerência estatal.

Desta forma, estabeleceu-se como premissa para que haja a possibilidade de benefício pelo cálculo do  $K_t$  diferenciado, que o proprietário atenda ao Código Florestal. Ou seja, somente terá o índice  $K_t$  calculado aquele proprietário que atenda à Lei 12.651/12 e regulamentações decorrentes, quanto obrigatório o seja.

Para aferição desta regularidade legislativa florestal da propriedade, tem-se que, não é viável que o técnico responsável pelo estabelecimento da cobrança cheque cada detalhe.

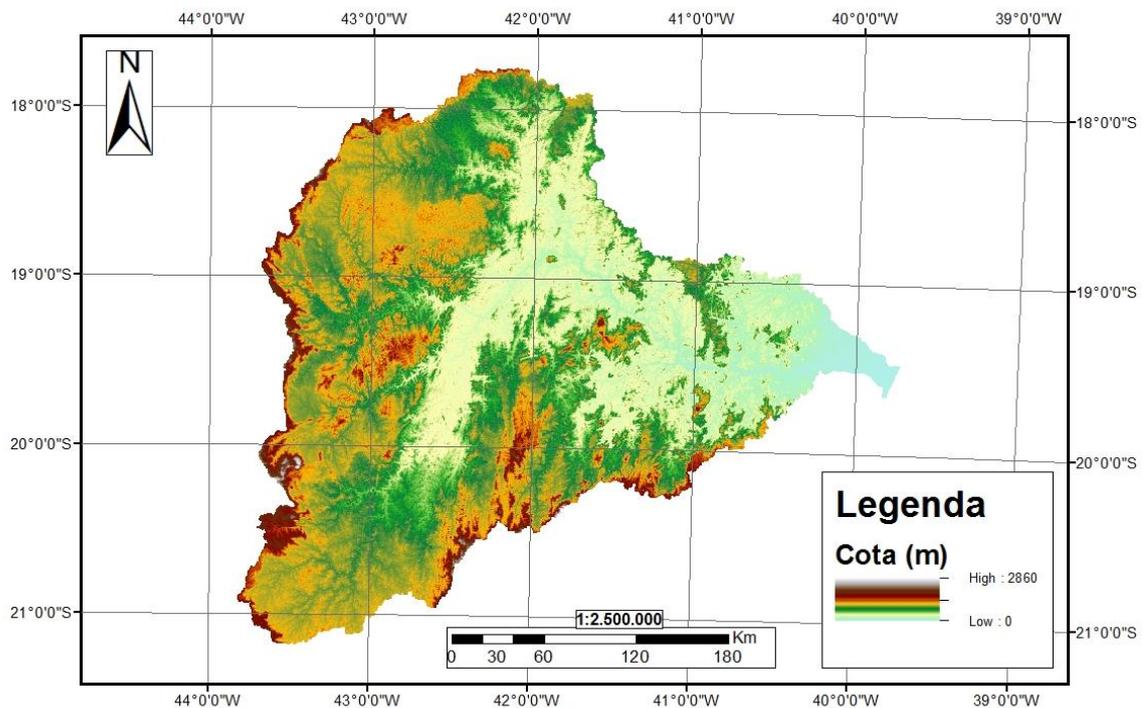
Diante do fato, indica-se que seja exigida do proprietário, quando couber, a inscrição no Cadastro Ambiental Rural, “registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento” (art. 29, Lei 12.651/12).

Inscrito o imóvel neste cadastro, o monitoramento do cumprimento da legislação florestal não será verificado no procedimento da cobrança por recursos hídricos, sendo o mesmo feito no âmbito dos órgãos estatais pertinentes e nos devidos procedimentos. Contudo, assegura-se, pelo menos em tese, a regularidade

do imóvel, sem a qual o proprietário não poderá ser beneficiado por um  $K_t$  diferenciado, com base no uso de boas práticas de conservação da água e do solo.

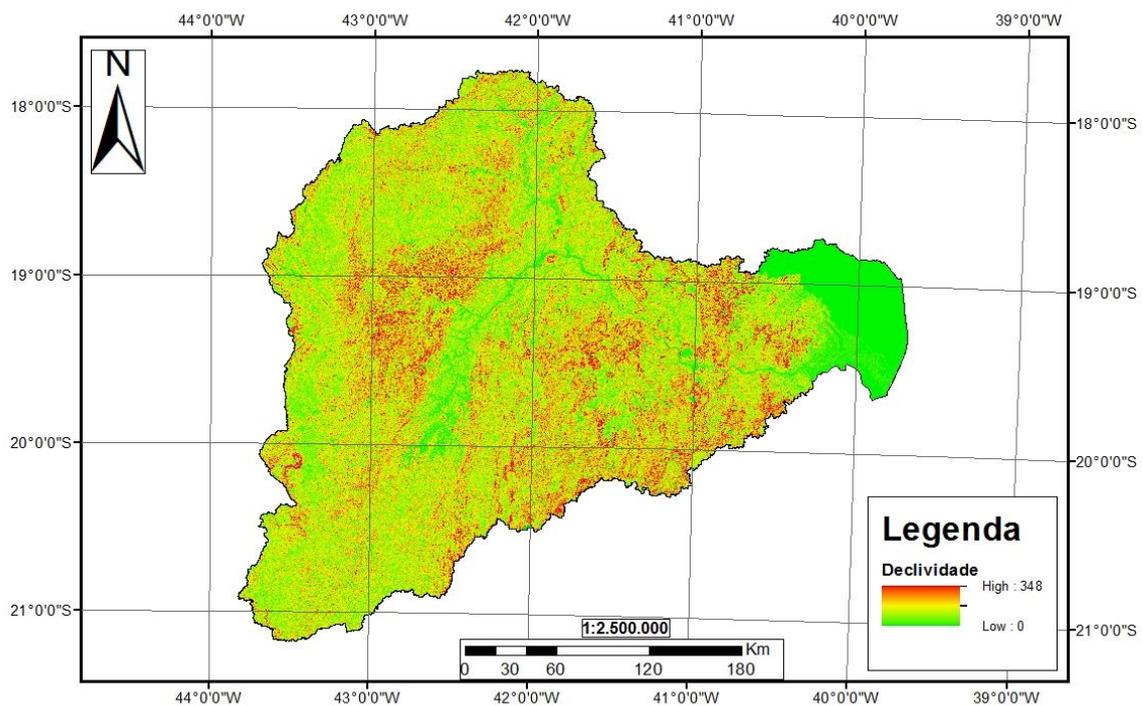
### 2.2.5. Base de dados para caracterização das boas práticas

Para caracterização das boas práticas de uso e conservação das águas foi trabalhado um Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado (MDEHC) para a bacia do rio Doce, gerado pelo Centro de referência em Recursos Hídricos (CRRH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), devido ao fato de ter sido constatado no MDEHC do PIRH-Doce uma não consistência na base de dados.



**Figura 4 – Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado (MDEHC).**  
Fonte: Centro de Referência em Recursos Hídricos (CRRH/UFV).

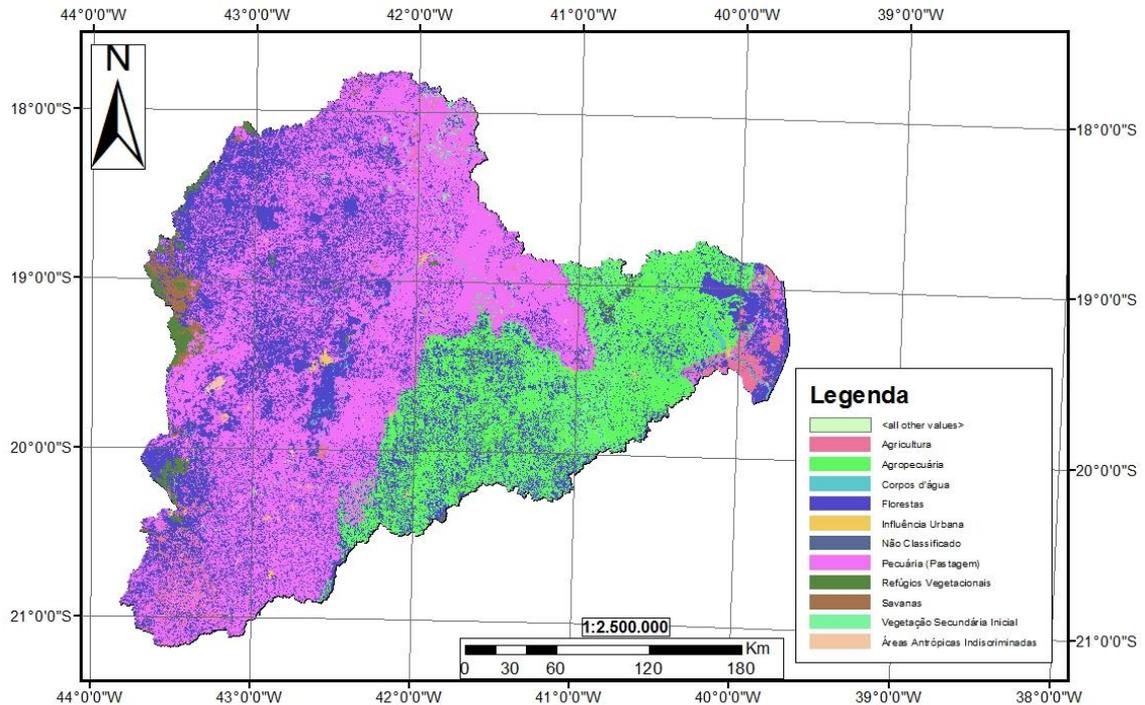
O MDEHC (Figura 4) apresenta os limites da bacia diferentes dos limites políticos de delimitação da bacia do Doce, em função de restrições na geração do MDEHC. Esta diferença foi corrigida a partir da geração do mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Doce (Figura 5), com a adoção das menores declividades para as áreas não contempladas pelo MDEHC.



**Figura 5 – Mapa de declividade gerado do Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado (MDEHC).**

**Fonte: Centro de Referência em Recursos Hídricos (CRRH/UFV).**

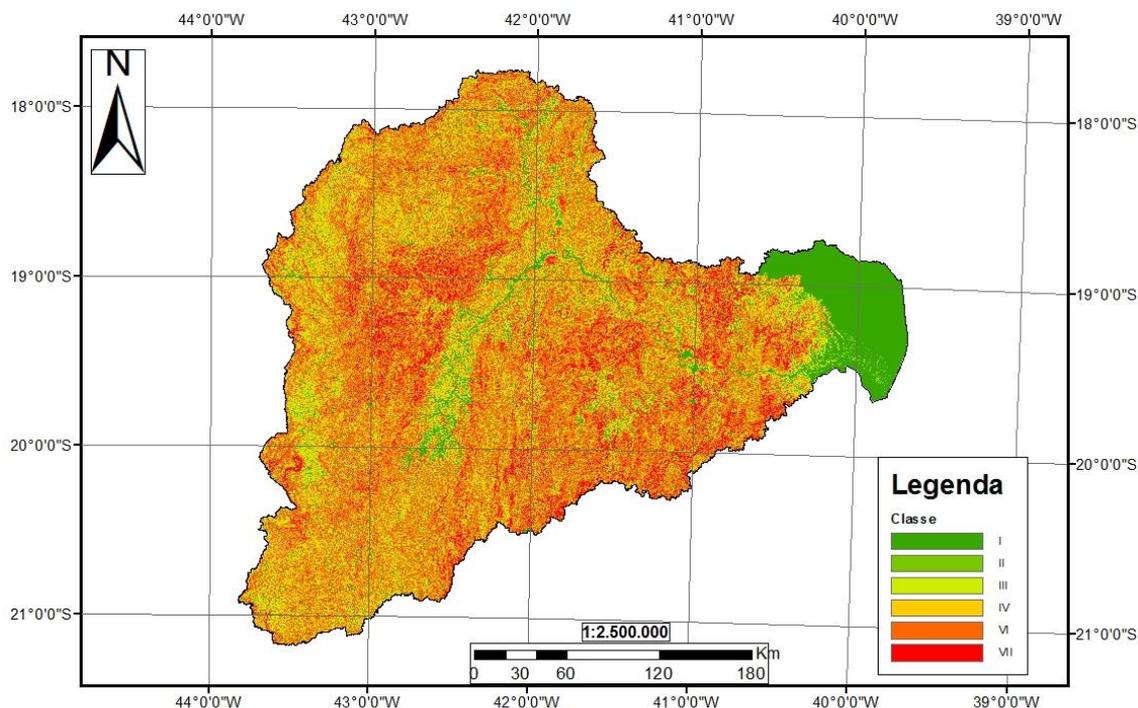
Na Figura 6 é apresentado o mapa de uso e ocupação atual do solo, conforme apresentado no PIRH-Doce. Analisando os resultados obtidos com o uso e ocupação do solo praticados atualmente na bacia do rio Doce, constata-se que as Classes IV e VI são predominantes, representando 85,3% da área. Na sequência as Classes VII e VIII, com representação de 11,8% da área, e com menor representatividade, as Classes I, II e III, com 2,9% da área total.



**Figura 6 – Mapa de uso e ocupação do solo.**  
Fonte: PIRH-Doce.

### 2.2.6. Resultados obtidos pela metodologia proposta

De posse da base de dados disponível, e adotando o critério de declividade para limitação do uso do solo (Tabela 1), gerou-se o mapa de capacidade de uso e ocupação do solo para a bacia do rio Doce, considerando a máxima utilização racional da terra (Figura 7). Na Tabela 3 são apresentadas as porcentagens das áreas que se enquadram em cada classe de uso, em função das faixas de declividades.



**Figura 7 – Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo, considerando a máxima utilização racional da terra.**

**Fonte: Centro de Referência em Recursos Hídricos (CRRH/UFV).**

**Tabela 2 – Porcentagens de áreas que se enquadram em cada classe de uso e ocupação do solo, considerando a máxima utilização racional da terra em função das faixas de declividades**

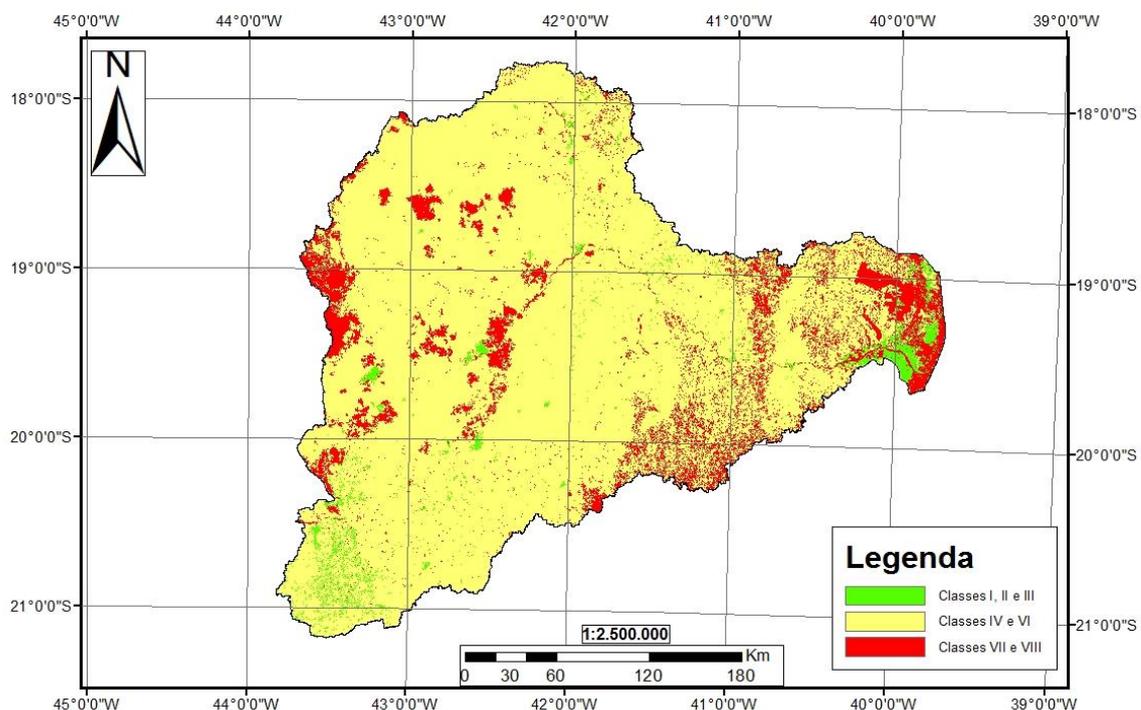
<b>Classes</b>	<b>Faixa de Declividade</b>	<b>Área %</b>
I	0 – 3%	10,6
II	3 – 5%	5,4
III	5 – 12%	13,6
IV	12 – 20%	22,3
VI	20 – 40%	39,2
VII e VIII	< 40%	8,9
<b>Total</b>		<b>100</b>

Conforme pode ser observado na Figura 7, e constatado na Tabela 3, há uma predominância da Classe VI, a qual representa 39,2% da área da bacia, seguida da Classe IV, com 22,3%. As Classes I, II e III adaptadas, de modo geral, a terras cultiváveis, representam 29,6% da área, sendo a representação por classes de 10,6%, 5,4% e 13,6%, respectivamente.

As Classes VII e VIII, com 8,9% da área da bacia, representam as limitações impostas pelas maiores declividades e, portanto, áreas impróprias para exploração econômica.

É importante ressaltar que, mesmo usando um MDEHC mais confiável, a obtenção de imagens de satélite tende a suavizar o relevo, causando uma redução da declividade.

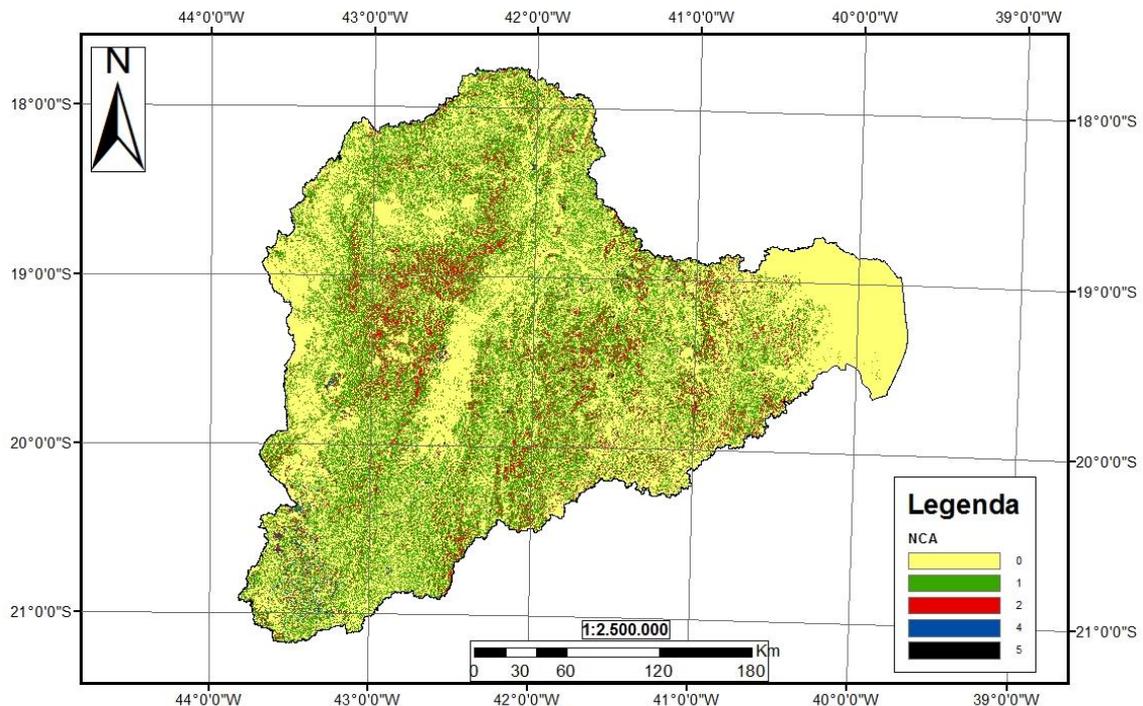
Para a estimativa dos valores de  $K_t$  médios para cada UPGRH se procedeu o agrupamento do uso atual o solo (Figura 6), conforme representado na Figura 8, e considerando o seguinte critério: para as Classes I, II e III atribuiu-se o valor da Classe II; para as Classes IV e VI, o valor de Classe V; e para as Classes VII e VIII, o valor de Classe VII.



**Figura 8 – Mapa de classes de uso e ocupação do solo.**  
Fonte: Adaptado do PIRH-Doce

Considerando o cruzamento dos mapas representado pelas Figuras 7 e 8, obteve-se o mapa que representa o número de classes acima da capacidade de uso e ocupação do solo (Figura 9), enquanto na Tabela 3 são apresentadas as

porcentagens de áreas abrangidas por cada nível acima da capacidade de uso do solo.



**Figura 9 – Mapa de número de classes acima da capacidade de uso e ocupação do solo.**  
**Fonte: Centro de Referência em Recursos Hídricos (CRRH/UFV)**

Fazendo-se a análise de proporcionalidade das áreas acima da capacidade de uso e ocupação do solo (Figura 9), pode-se constatar que a maior parte da área (56,0%) está sendo utilizada dentro da capacidade de uso do solo (0 nível acima). A percentagem com uso um nível acima é de 35,5%. Para duas classes acima tem-se uma representação de 7,8%. As áreas com quatro e cinco níveis acima da capacidade de uso do solo representam uma parcela bem menor, correspondendo aos valores de 0,6% e 0,1%, respectivamente.

Na Tabela 3 apresenta-se a proporcionalidade das áreas que estão acima da capacidade de uso e ocupação do solo para a bacia hidrográfica do rio Doce. Portanto, considerando a área da bacia do Doce de aproximadamente 86.715 km<sup>2</sup> e suas respectivas proporcionalidades de áreas acima da capacidade de uso, foi possível obter o Fator de Boas Práticas médio para a bacia, sendo este de 0,540 e, portanto, um  $K_t$  médio de 0,014 para a bacia hidrográfica do rio Doce.

Tabela 3 – Percentagens de áreas para a Bacia do Doce, em função do número de classes acima da capacidade de uso e ocupação do solo

Número de Classes Acima (NCA)	Área Percentual
0	56,0
1	35,5
2	7,8
4	0,6
5	0,1

Nas Figuras 10 a 18 são apresentados os mapas de cada Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH's) com os números de classes acima da capacidade de uso e ocupação do solo. Observa-se, de modo geral, que as UPGRH's apresentam a maior parte de suas áreas dentro da capacidade de uso do solo (zero nível acima).

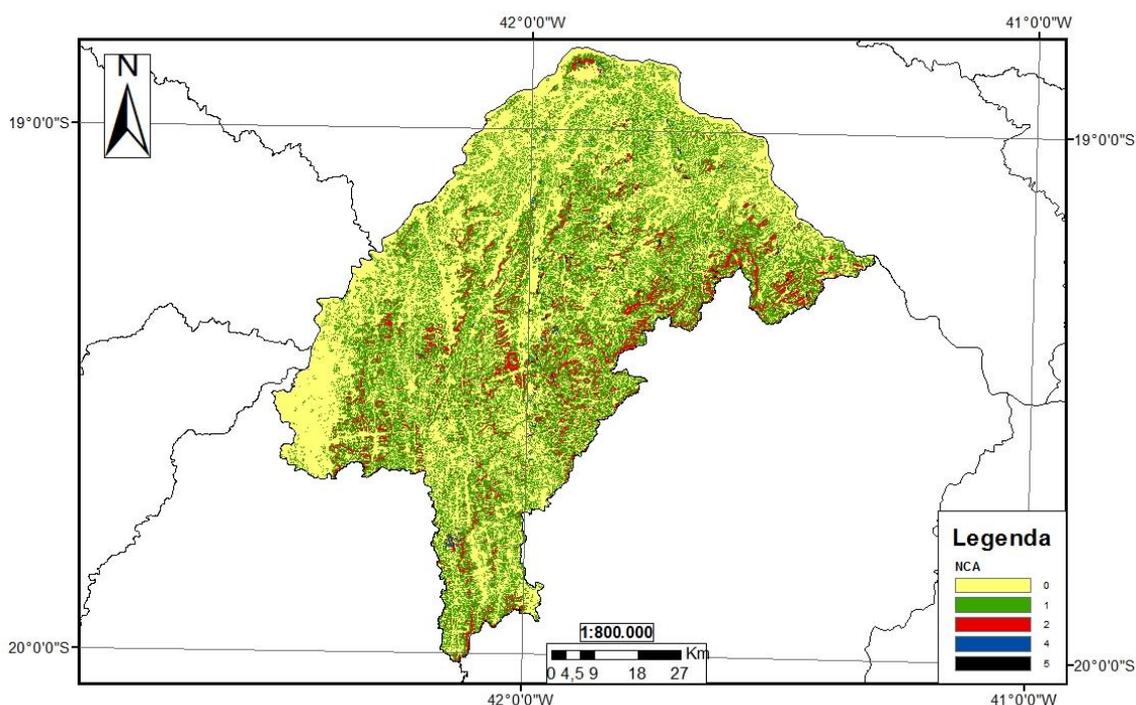


Figura 10 – Mapa de Número de Classes acima da capacidade de Uso e Ocupação da UPGRH-Caratinga.

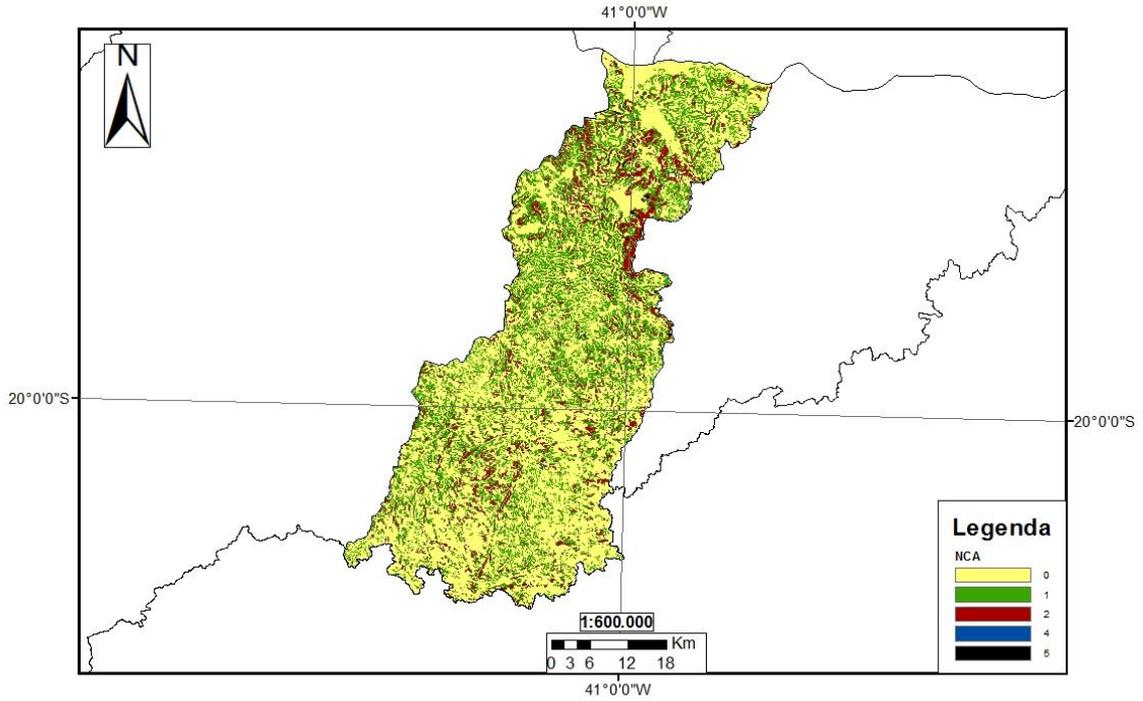


Figura 11 – Mapa de Número de Classes acima da capacidade de Uso e Ocupação da UPGRH-Guandú.

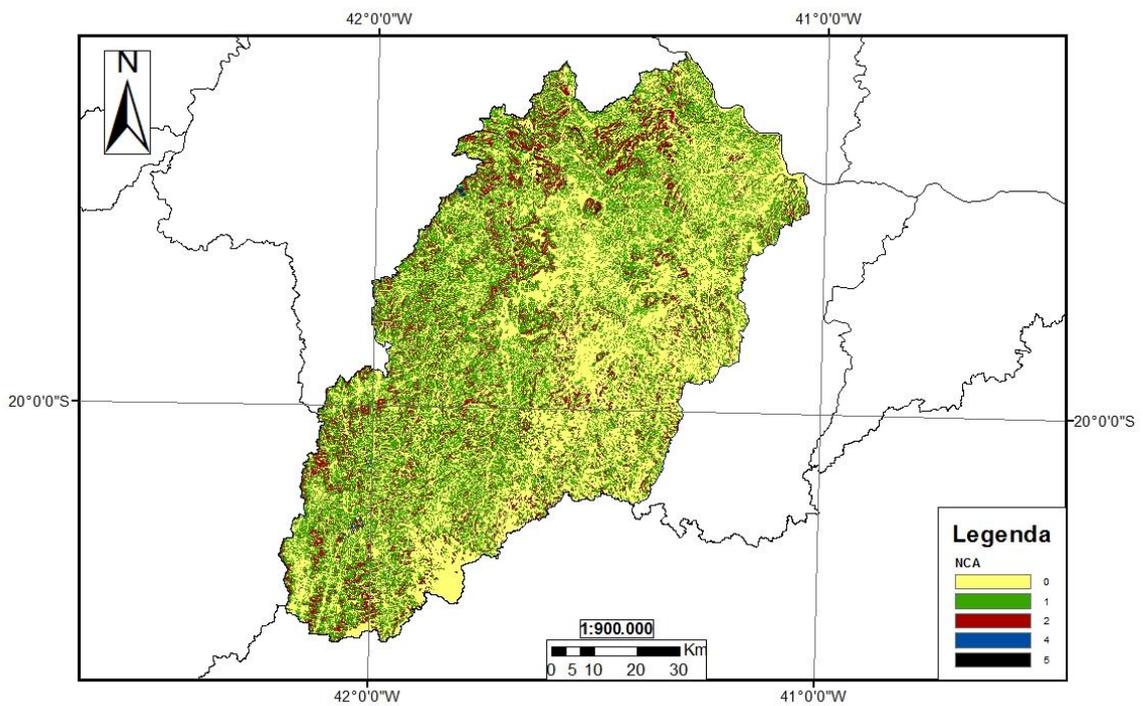


Figura 12 – Mapa de Número de Classes acima da capacidade de Uso e Ocupação da UPGRH-Manhuaçu.

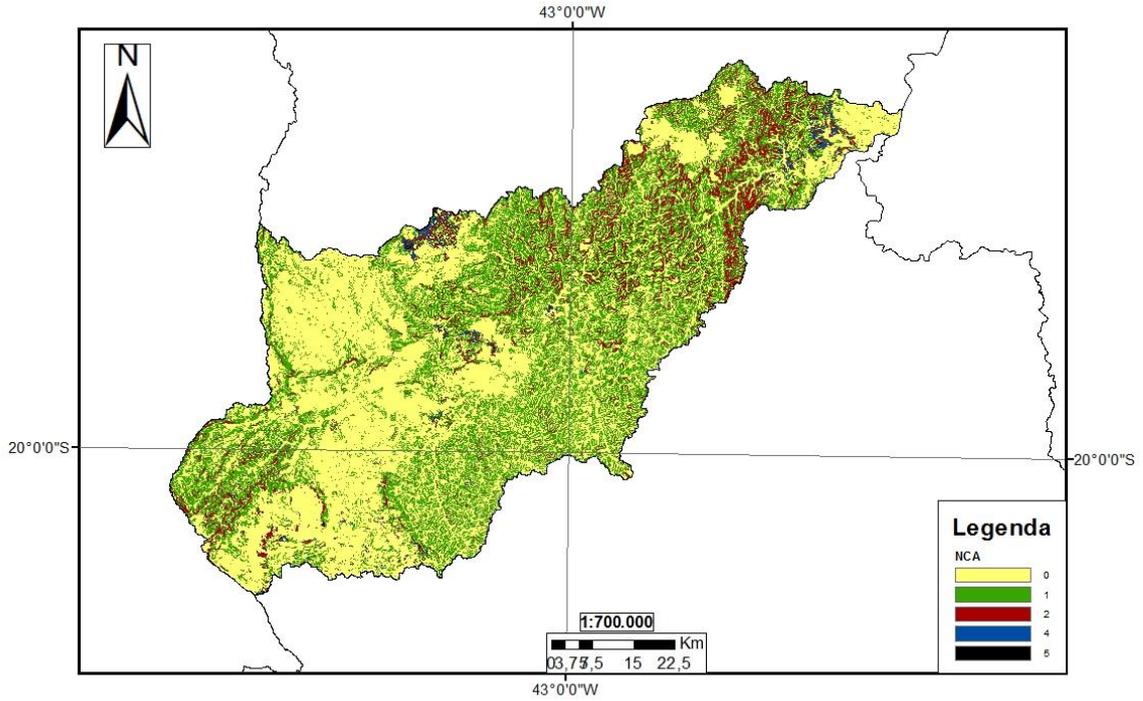


Figura 13 – Mapa de Número de Classes acima da capacidade de Uso e Ocupação da UPGRH-Piracicaba.

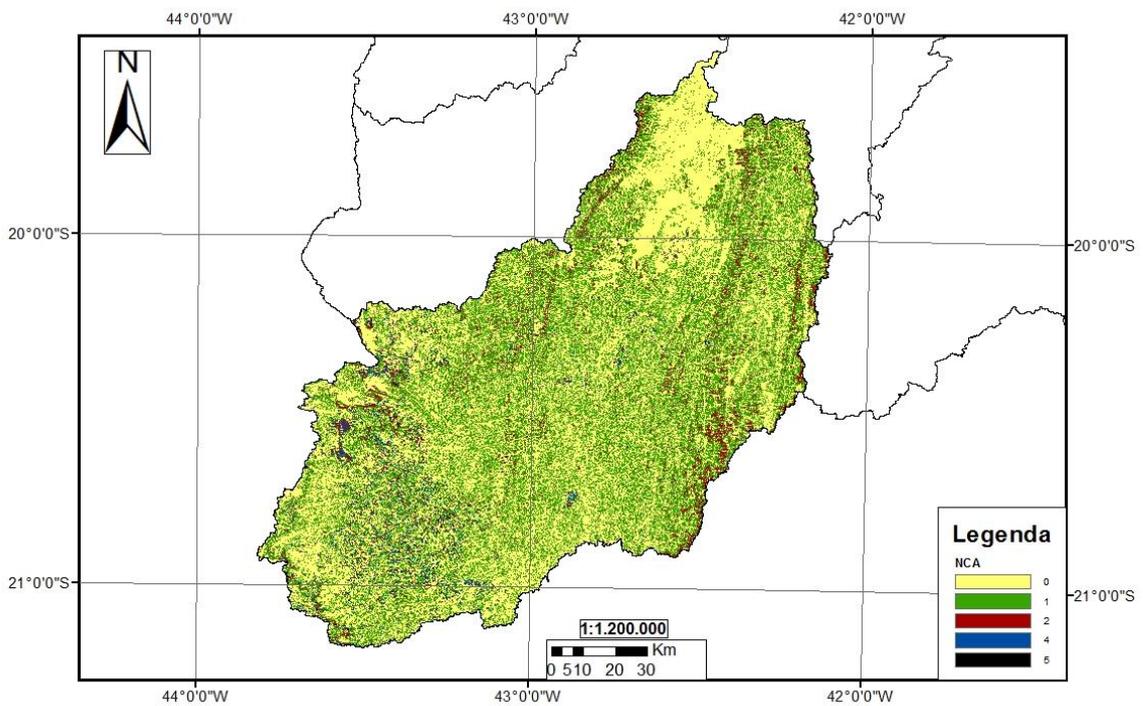
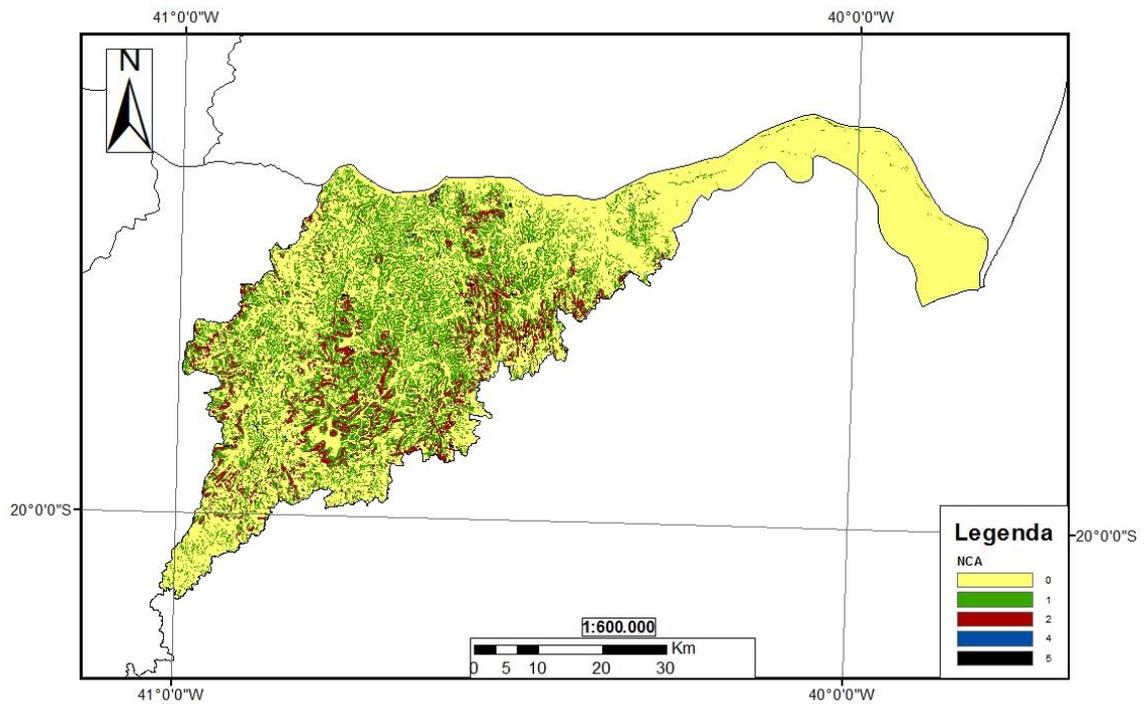
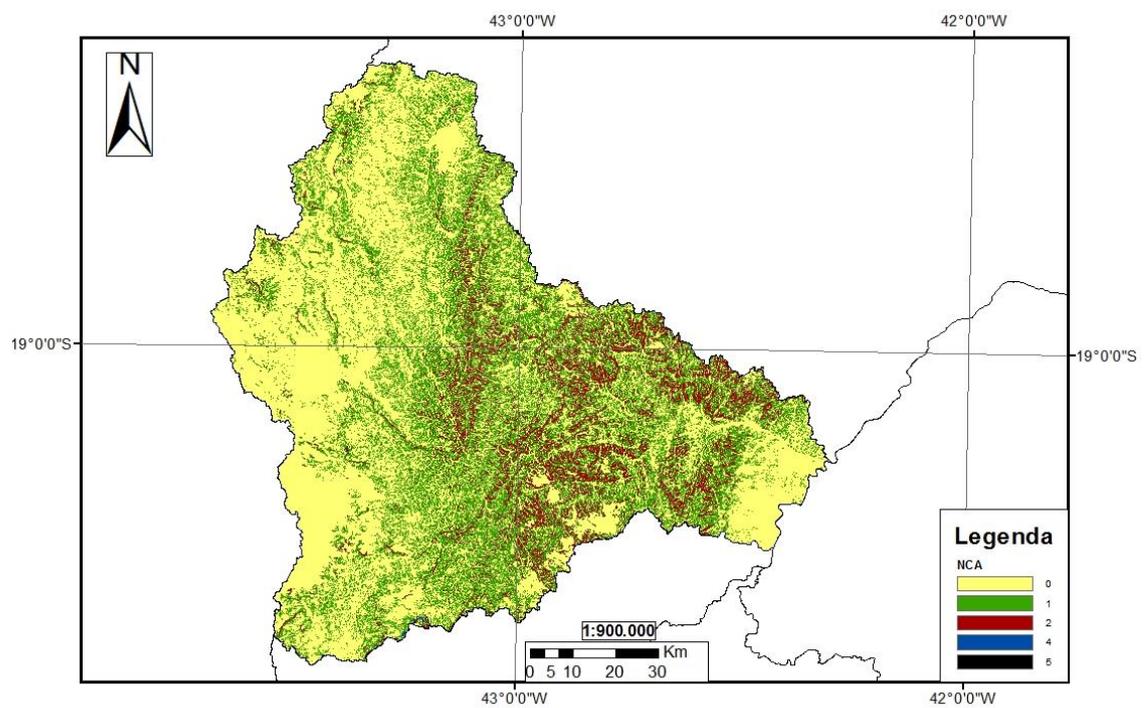


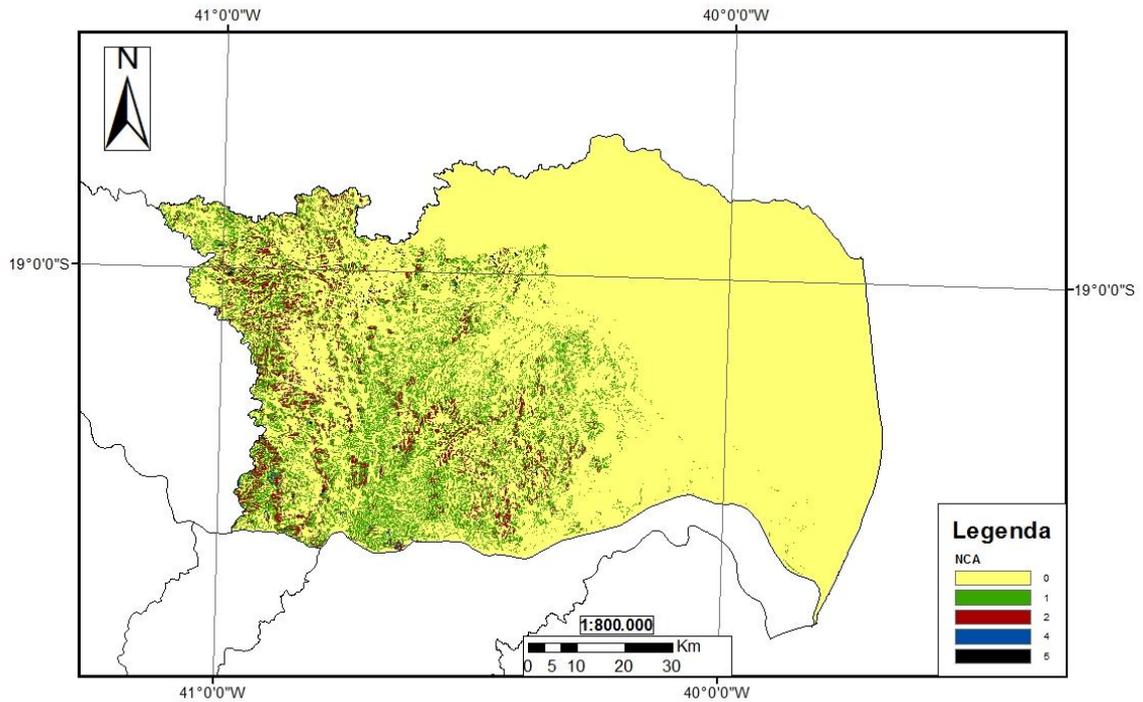
Figura 14 – Mapa de Número de Classes acima da capacidade de Uso e Ocupação da UPGRH-Piranga.



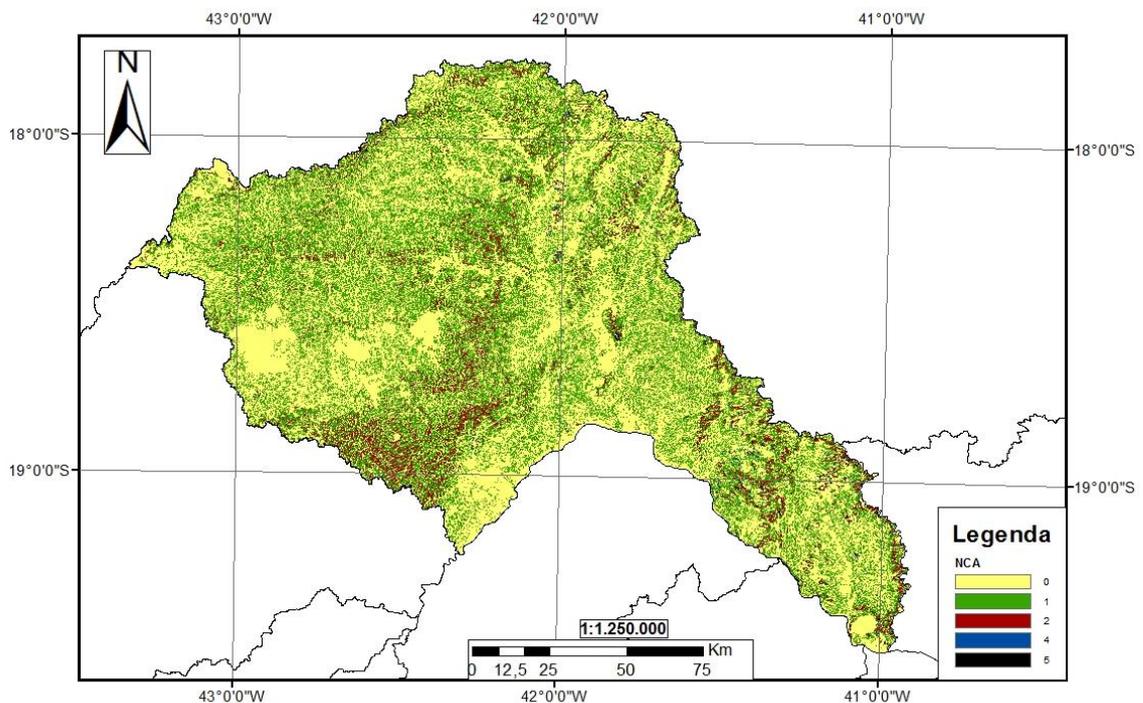
**Figura 15 – Mapa de Número de Classes acima da capacidade de Uso e Ocupação da UPGRH-Santa Maria.**



**Figura 16 – Mapa de Número de Classes acima da capacidade de Uso e Ocupação da UPGRH-Santo Antônio.**



**Figura 17 – Mapa de Número de Classes acima da capacidade de Uso e Ocupação da UPGRH-São José.**



**Figura 18 – Mapa de Número de Classes acima da capacidade de Uso e Ocupação da UPGRH-Suaçuí.**

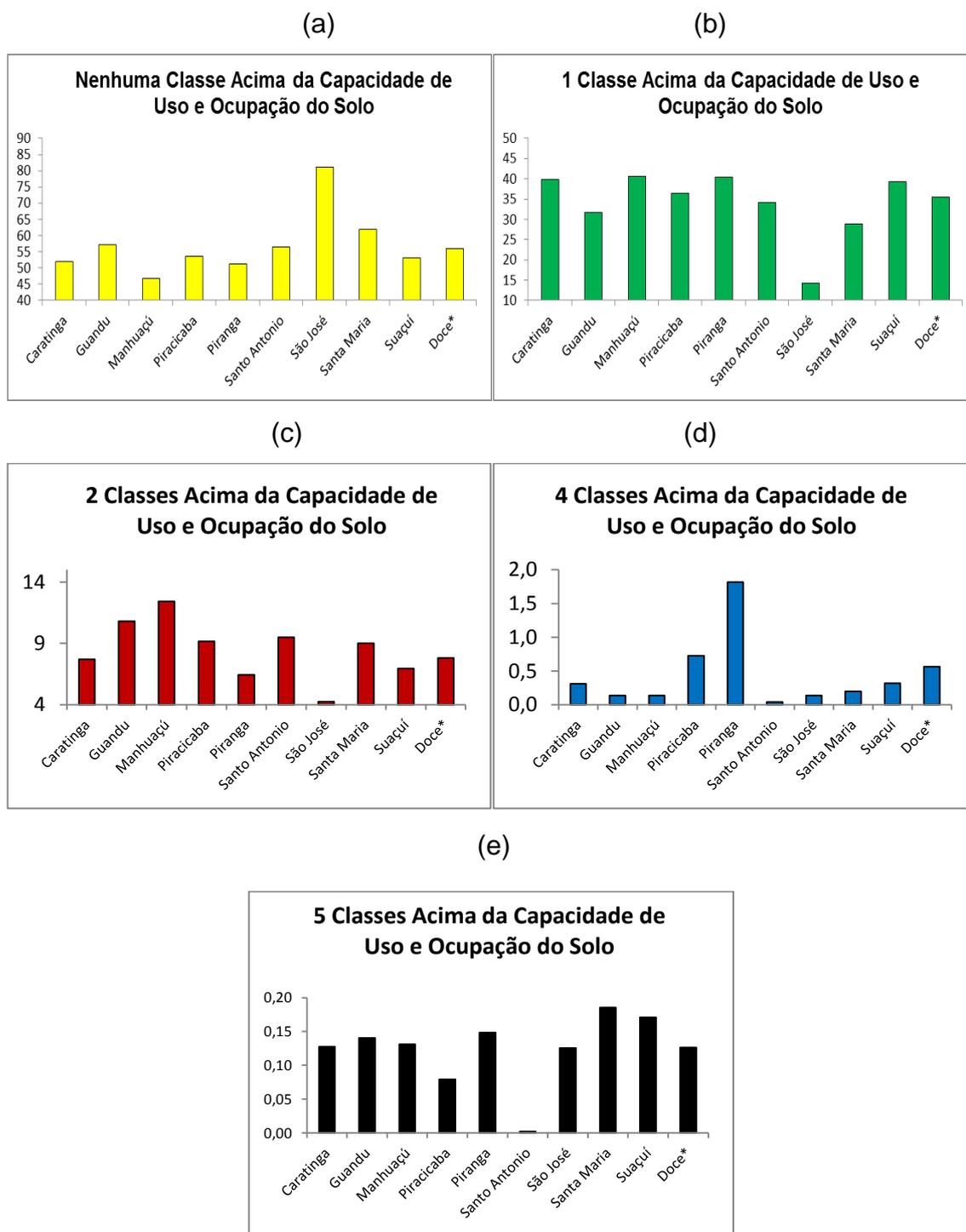
Na Tabela 4 tem-se os percentuais das áreas correspondentes a cada número de classe acima da capacidade de uso e ocupação do solo para cada UPGRH, como da bacia do Doce. Na Tabela 5 são apresentados os valores médios calculados de  $F_{BP}$  e  $K_t$ , relativos às UPGRH's e à bacia do Doce, com base nos valores percentuais obtidos pela Tabela 4.

A análise dos dados da Tabela 4 permite constatar, de modo geral, que as UPGRH's apresentam a maior parte de suas áreas dentro da capacidade de uso e ocupação do solo (zero nível acima). A UPGRH-São José chega a valores da ordem de 81,2% da área utilizada dentro da capacidade de uso do solo. Para 1 classe acima da capacidade de uso, verificam-se áreas acima da capacidade de uso com valores que oscilam de 14,3% (São José) a 40,6% (Manhuaçu). As percentagens de áreas que estão duas classes acima da intensidade máxima de uso do solo já são bem menores, sendo 4,3% em São José, e 12,4% em Manhuaçu. Para quatro classes acima da intensidade máxima de uso do solo, apenas a UPGRH do Piranga é que apresentou valor acima de 1%, e para cinco classes acima da capacidade de uso do solo, a maior área constatada foi, apenas, 0,2%, observada em Santa Maria.

Tabela 4 – Percentagens de áreas para cada Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH's) e para a Bacia do Doce\*, em função do número de classes acima da capacidade de uso e ocupação do solo

UPGRH	Número de classes acima da capacidade de uso do solo					Total
	0	1	2	4	5	
Caratinga	52,0	39,9	7,7	0,3	0,1	100,0
Guandu	57,2	31,7	10,8	0,1	0,1	100,0
Manhuaçu	46,7	40,7	12,4	0,1	0,1	100,0
Piracicaba	53,7	36,4	9,2	0,7	0,1	100,0
Piranga	51,2	40,4	6,5	1,8	0,2	100,0
Santo Antônio	56,3	34,1	9,5	0,0	0,0	100,0
São José	81,2	14,3	4,3	0,1	0,1	100,0
Santa Maria	61,9	28,8	9,0	0,2	0,2	100,0
Suaçuí	53,2	39,4	6,9	0,3	0,2	100,0
Bacia do Doce*	56,0	35,5	7,8	0,6	0,1	100,0

Para melhor representação da Tabela 4, montou-se a Figura 19, que apresenta a variação da distribuição da área de cada UPGRH e da bacia do Doce em função do número de classes acima da capacidade de uso e ocupação do solo.



**Figura 19 – Variação da Distribuição da Área de cada UGRH para cada Número de Classes Acima da capacidade de uso e ocupação do Solo. a) Dentro da capacidade de uso e ocupação do solo; b) 1 classe acima da capacidade de uso e ocupação do solo; c) 2 classes acima da capacidade de uso e ocupação do solo; d) 4 classes acima da capacidade de uso e ocupação do solo; e) 5 classes acima da capacidade de uso e ocupação do solo.**

Com base nas informações contidas na Tabela 4, foi possível obter o valor médio do Fator de Boas Práticas por UPGRH e para a bacia do rio Doce (Tabela 5). Os valores obtidos de  $F_{BP}$  oscilaram de 0,240 a 0,667. Com os valores calculados de FBP resultam em  $K_t$  médio de cada UPGRH variando de 0,012 (São José d Santa Maria) a 0,033 (Manhuaçu).

Tabela 5 – Fator de Boas Práticas ( $F_{BP}$ ) e  $K_t$ , calculados para cada UPGRH e para a Bacia do Doce

UPGRH	$F_{BP}$	$K_{t_{DELIB}}^*$	$K_t$
Caratinga	0,572	0,025	0,014
Guandu	0,545	0,050	0,027
Manhuaçu	0,667	0,050	0,033
Piracicaba	0,580	0,050	0,029
Piranga	0,614	0,025	0,015
Santo Antônio	0,533	0,025	0,013
São José	0,240	0,050	0,012
Santa Maria	0,485	0,025	0,012
Suaçuí	0,554	0,025	0,014
Bacia do Doce*	0,540	0,025*	0,014

\* $K_{t_{DELIB}}$ , corresponde ao valor do coeficiente praticado em cada UPGRH, conforme deliberado por cada comitê com atuação na bacia do rio Doce

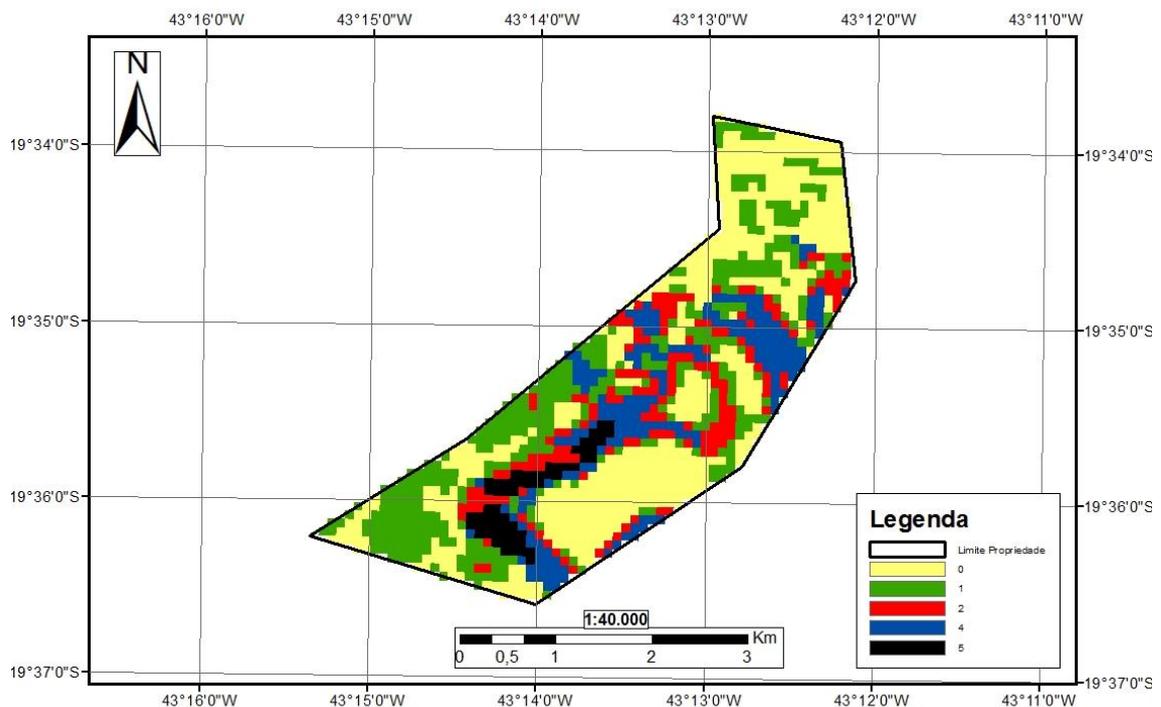
Com base nas informações contidas na Tabela 4, foi possível obter os valores médios dos Fatores de Boas Práticas por UPGRH e para a bacia do Doce (Tabela 5), com valores variando de 0,240 a 0,667. A adoção destes valores de  $F_{BP}$  resulta em  $K_t$  variando de 0,012 (São José e Santa Maria) a 0,033 (Manhuaçu).

Analisando as variações obtidas com o uso do  $K_t$  que leva em conta a natureza do uso e/ou as boas práticas de uso e conservação do solo e água, com o  $K_{t_{DELIB}}$  (não atrelado às boas práticas de capacidade de uso do solo), constata-se em todas as UPGRH's, e inclusive na consideração da área da bacia do rio Doce, que os valores foram menores aos praticados atualmente na bacia, com reduções na magnitude do  $K_{t_{DELIB}}$ , da ordem de 76% em São José, e de 34% em Manhuaçu. Considerando a área de drenagem da bacia do rio Doce a redução foi da ordem de 44%.

### 2.2.7. Simulação

Na Figura 20 é apresentada uma simulação para caracterização das boas práticas de uso e conservação da água, conforme o Fator de Boas Práticas ( $F_{BP}$ ) proposto neste trabalho. Para exemplificação da metodologia usou-se uma propriedade hipotética situada em uma das UPGRH's da bacia do Doce, a qual apresenta uma área total de 1123 hectares.

O polígono apresentado na Figura 21 caracteriza os limites da propriedade, sendo esta localizada em uma UPGRH que pratica o  $K_t_{DELIB}$  igual a 0,025. O uso da metodologia proposta resulta no mapa com a representação dos respectivos valores do número de classes acima da capacidade de uso e ocupação do solo (NCA). Com estas informações calcula-se os valores de  $F_{BP}$  e de  $K_t$ .



**Figura 20 – Exemplo de uma propriedade situada na bacia do Doce, e seus respectivos valores do número de classes acima da capacidade de uso do solo.**

Na Tabela 6 é mostrada a distribuição das áreas da propriedade, em hectares, considerando o número de classes acima da capacidade de uso do solo (NCA). Analisando os dados nota-se que a maior parte da propriedade está com uso

do solo dentro dos limites estabelecidos pela metodologia proposta, e apenas 4,5% apresenta cinco classes acima da intensidade máxima de uso do solo.

Tabela 6 – Área, em ha e em percentagem e seus respectivos número de classes acima da capacidade de uso e ocupação do solo

Área (ha)	Área (%)	NCA
449,7	40,0	0
323,3	28,8	1
140,1	12,5	2
159,6	14,2	4
50,3	4,5	5
1123,0	100,0	-

Para o cálculo do  $K_t$ , utiliza-se a variação do NCA da propriedade, tal como mostrada na Tabela 6, com suas respectivas áreas, com a qual pode-se obter o valor do  $F_{BP}$ . A equação abaixo mostra o valor de  $F_{BP}$  da propriedade, que multiplicado por 0,025 ( $K_{tDELIB}$  adotado na UPGRH), obtêm-se o  $K_t$  que será praticado para o cálculo do valor da cobrança, resultando, portanto, em um  $K_t$  igual a 0,033.

$$F_{BP} = \frac{(0 \times 444,7) + (1 \times 323,2) + (2 \times 140,1) + (4 \times 159,6) + (5 \times 50,2)}{(444,7 + 323,2 + 140,1 + 159,6 + 50,2)} \Rightarrow F_{BP} = 1,330$$

$$K_t = 0,025 \times 1,330 \Rightarrow K_t = 0,033$$

A adoção do critério de caracterização das boas práticas proposto neste relatório, considerando a declividade como fator condicionador limitante da classe de uso ideal, visa reconhecer a intensidade máxima de uso do solo, que poderá resultar em um aumento da disponibilidade hídrica ou na melhoria da qualidade de água da bacia. Trata-se, portanto, de um coeficiente que pode influenciar no cálculo da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, possibilitando uma redução se os setores investirem em boas práticas de conservação da água e do solo na bacia do rio Doce.

## **2.3. Levantamento, análise e caracterização das práticas de eficiência do uso da água pela indústria, mineração, abastecimento urbano e irrigação e proposição de fator multiplicativo que considere estas práticas**

### **2.3.1. Indústria e mineração**

#### **2.3.1.1. Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos**

No Cadastro Nacional dos Usuários de Recursos Hídricos (CNARH) constam 65 outorgas de domínio da União com finalidade de uso industrial, totalizando uma vazão de captação outorgada de 115.177.989,14 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup> (Tabela 7). No Estado de Minas Gerais estão localizadas 43 indústrias e no Espírito Santo 22, representando 98,8% e 1,2% da vazão total outorgada, respectivamente.

Observa-se que das 43 indústrias localizadas no Estado de Minas Gerais, 95% do volume total anual outorgado refere-se à Celulose Nipo-Brasileira S.A. (CENIBRA), com vazão de captação correspondente a 109.451.448 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>, enquanto as demais 42 indústrias representam 3,8%. Ressalta-se, ainda, que a CENIBRA possui uma outorga estadual de 5.779.935 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>, não contemplada no cadastro de usuários de recursos hídricos de Minas Gerais, apenas no federal.

De acordo com Tabela 7, o volume anual captado individualmente pelas indústrias contempladas no CNARH, excluindo a CENIBRA, não chega a representar 1% do total. A Mafrial Matadouro e Frigorífico Ltda., por exemplo, é a segunda indústria em termos de vazão de captação, representando 0,787% (906.660 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>) da vazão total outorgada no domínio da União no âmbito da bacia do rio Doce.

Entre as finalidades de uso contempladas no cadastro, características do setor industrial, cita-se a extração de areia (44 usuários), a mineração (um usuário) e a industrial (20 usuários). Este fato é justificado com base na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0) do IBGE, que enquadra a extração de areia nas tipologias das indústrias extrativistas, assim como a mineração.

No caso específico das indústrias M&M Industrial, Fafus Confeccões Ltda., Dian Confeccões Ltda., Capixaba Couros Ltda. e Laticínios Limilk Ltda., como pode ser verificado na Tabela 7, a vazão de captação é nula, apresentando apenas outorga de lançamento de efluentes no domínio da União.

Destaca-se, ainda, que conforme apresentado no CNARH, a outorga para a Fibria Celulose S.A. tem a finalidade de transposição, motivo pelo qual não foi inserida na Tabela 7, apresentando valor de vazão de captação no domínio da União de  $316.224.000 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ .

Conforme detalhado na Nota Técnica nº 101/2010/SAG-ANA, a Resolução ANA nº 406, de 22 de junho de 2009, estabelece que a Fibria Celulose S.A., antiga Aracruz Celulose S.A., possui direito de uso de recursos hídricos para captação de água de  $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  no rio Doce, em Linhares-ES, a ser transportada pelo Canal Caboclo Bernardo até suas instalações localizadas na Rodovia Aracruz Barra do Riacho, Km 25, em Aracruz-ES. Detalha a Resolução da ANA que, da vazão de captação,  $3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  são destinados ao uso industrial e  $7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  são para outras finalidades.

Tabela 7 – Outorgas de dominialidade federal na bacia do rio Doce para o setor industrial segundo informações do CNARH

Razão Social	UF	Município	Finalidade	Q captação domínio da União (m³/ano)	% em relação ao total outorgado
A C DAL COL ME	ES	Colatina	Extração de Areia	161.280,00	0,140
Alex Rodrigues Soares	MG	Santa Cruz do Escalvado	Extração de Areia	8.960,00	0,008
Ana Maria da Fonseca Santos	MG	Galiléia	Extração de Areia	1.705,56	0,001
Ana Mercedes Broetto Giacomini – ME	ES	Colatina	Extração de Areia	126.720,00	0,110
Anderson Emerick de Oliveira	MG	Governador Valadares	Extração de Areia	89.812,80	0,078
Areal Bela Vista Ltda.	MG	Governador Valadares	Extração de Areia	92.160,00	0,080
Areal e Material de Construção São Jorge Ltda.	MG	Governador Valadares	Extração de Areia	202.752,00	0,176
Areal Mônica Ltda.	MG	Governador Valadares	Extração de Areia	12.672,00	0,011
Areal Naque Ltda. – ME	MG	Caratinga	Extração de Areia	355.200,00	0,308
Areal Rio Doce Ltda.	MG	Governador Valadares	Extração de Areia	74.880,00	0,065
Areal Torres & Carvalho Ltda.	MG	Governador Valadares	Extração de Areia	71.280,00	0,062
Arebita Santa Luzia Ltda.	ES	Linhares	Extração de Areia	120.960,00	0,105
Areial Candonga Ltda.	MG	Rio Doce	Extração de Areia	12.000,00	0,010
Aretex - Extração e Comércio de Areia Ltda. - ME	ES	Colatina	Extração de Areia	103.680,00	0,090
Aterro e Desaterro Três Irmãos Ltda. - ME	MG	Ipanema	Extração de Areia	59.136,00	0,051
Barbosa & Marques S.A.	MG	Governador Valadares	Indústria	292.800,00	0,254
Bonicenha Locadora Ltda.	MG	Aimorés	Extração de Areia	84.480,00	0,073
C & C Mineração Ltda. Me	ES	Colatina	Extração de Areia	35.735,04	0,031
Capixaba Couros Ltda.	ES	Baixo Guandu	Indústria	0,00	0,000
Carlos Alves Caldeira	MG	Ipanema	Extração de Areia	5.005,44	0,004
Celulose Nipo-Brasileira S.A. - CENIBRA	MG	Antônio Dias	Indústria	109.451.448,00	95,028
Cerâmica Duarte e Oliveira Ltda.	MG	Taparuba	Mineração	10.771,20	0,009
Clarofilito Santa Clara Ltda.	MG	Ipanema	Extração de Areia	12.481,92	0,011
Colodetti & Lopes Ltda.	MG	Governador Valadares	Extração de Areia	36.864,00	0,032

Tabela 7 – Continuação...

Razão Social	UF	Município	Finalidade	Q captação domínio da União (m³/ano)	% em relação ao total outorgado
Confecções Merpa São Paulo Ltda.	ES	Colatina	Indústria	69.300,00	0,060
Confecções Mimo S.A.	ES	Colatina	Indústria	67.910,40	0,059
Cooperativa Agropecuária de Resplendor Ltda.	MG	Resplendor	Indústria	246.391,20	0,214
Cooperativa Mista dos Produtores Rurais de Conselheiro Pena – COOPMISTA	MG	Conselheiro Pena	Indústria	153.134,40	0,133
Dian Confecções Ltda.	ES	Colatina	Indústria	0,00	0,000
Dois Irmãos Beneficiamento de Areia Ltda.	ES	Colatina	Extração de Areia	45.000,00	0,039
Empresa Fornecedora de Materiais Ltda. - ME	MG	Caratinga	Extração de Areia	223.560,00	0,194
Evaldo Lúcio de Souza	MG	Taparuba	Extração de Areia	4.752,00	0,004
Extração de Areia Gomes e Gomes Ltda.	MG	São José do Mantimento	Extração de Areia	12.503,04	0,011
Fafus Confecções Ltda.	ES	Colatina	Indústria	0,00	0,000
Fernando Francisco de Oliveira	MG	Ipanema	Extração de Areia	17.568,00	0,015
Frisa Frigorífico Rio Doce S.A.	ES	Colatina	Indústria	184.320,00	0,160
Gledsmar Alves de Carvalho	MG	Ipanema	Extração de Areia	12.503,04	0,011
Gonçalo Alves Filho – ME	MG	Resplendor	Extração de Areia	74.880,00	0,065
Intercement Brasil S.A.	MG	Santana do Paraíso	Indústria	73.200,00	0,064
Ione Ferreira Alves Ramos	MG	Belo Oriente	Extração de Areia	32.313,60	0,028
Irmãos Gomes da Costa Ltda.	ES	Colatina	Extração de Areia	30.240,00	0,026
Irmãos Nardi Ltda.	ES	Colatina	Extração de Areia	150.336,00	0,131
JGA Extração e Comércio de Areia Ltda.	MG	Taparuba	Extração de Areia	12.499,98	0,011
José Geraldo Lima Lana-ME	MG	Santa Cruz do Escalvado	Extração de Areia	40.320,00	0,035
Larou's Ind. e Comércio de Confecções Ltda.	ES	Colatina	Indústria	28.512,00	0,025
Laticínio Bela Vista Ltda.	MG	Governador Valadares	Indústria	221.356,80	0,192

Tabela 7 – Continuação...

Razão Social	UF	Município	Finalidade	Q captação domínio da União (m³/ano)	% em relação ao total outorgado
Latícinios Colatina Ltda.	ES	Colatina	Indústria	30.390,00	0,026
Laticínios Limilk LTDA EPP	ES	Linhares	Indústria	0,00	0,000
M & M Industrial Ltda.	ES	Colatina	Indústria	0,00	0,000
Mafril Matadouro e Frigorífico Ltda.	MG	Governador Valadares	Indústria	906.660,00	0,787
Maretex Extração e Comércio de Areia Ltda.	MG	Caratinga	Extração de Areia	172.800,00	0,150
Matadouro Rio Doce Ltda.	MG	Santana do Paraíso	Indústria	3.660,00	0,003
Mineração E & E Ltda. – ME	MG	São Domingos do Prata	Extração de Areia	20.000,00	0,017
Mineração Rio Doce Ltda.	ES	Colatina	Extração de Areia	26.880,00	0,023
Nilton Marques de Lima	MG	Pocrane	Extração de Areia	12.503,04	0,011
Papire´s Modas Ltda.	MG	Conceição de Ipanema	Extração de Areia	9.968,64	0,009
Paulo Cezar Lopes Correa & Cia Ltda.	MG	São Domingos do Prata	Extração de Areia	69.120,00	0,060
Pedro Glória - Firma Individual	MG	Governador Valadares	Extração de Areia	202.752,00	0,176
Porto de Areia Max Ltda.	MG	Ipaba	Extração de Areia	192.000,00	0,167
PW Brasil Exort S.A.	ES	Colatina	Indústria	43.780,00	0,038
R & C Autolocmaq Comércio Extração e Serviços Ltda.	MG	Sem-Peixe	Extração de Areia	145.463,04	0,126
Samuel Santos – ME	MG	Governador Valadares	Extração de Areia	64.800,00	0,056
Togo Confeções Ltda. – ME	ES	Colatina	Indústria	76.032,00	0,066
Transgraças Ltda.	MG	São Domingos do Prata	Extração de Areia	22.500,00	0,020
Zacche & Cia Ltda.	ES	Colatina	Extração de Areia	55.296,00	0,048
<b>Vazão Total</b>				<b>115.177.989,14</b>	<b>100,000</b>

Fonte: CNARH – Base de dados disponibilizada pela ANA em 2013

Analisando de forma similar o cadastro de usuários de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais, para o setor industrial da bacia do rio Doce, chega-se a um total de 81 outorgas, representando uma vazão outorgada de 362.619.245,96 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup> (Tabela 8). Observa-se, porém, que o número de indústrias contempladas no cadastro é de 63, pois algumas possuem duas outorgas ou mais, para as diferentes unidades de produção.

Pela Tabela 8 constata-se que as indústrias que demandam maior vazão de captação, considerando todas as unidades presentes na bacia, são: Vale S.A. (33,43%), Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais – Usiminas (26,20%), Samarco Mineração S.A. (12,56%), Anglo Ferrous Rio Mineração S.A. (10,10%), ArcelorMittal Brasil S.A. (7,76%), Aperam Inox América do Sul S.A. (4,79%), Cimento Tupi S.A. (1,22%) e Gerdau Aços Longos S.A. (1,09%), fato que pode ser justificado pelo porte dos empreendimentos. Essas indústrias representam um total de 97,15% da vazão total outorgada para o setor industrial no domínio estadual de Minas Gerais.

No caso específico das indústrias Barbosa e Marques S.A, Mafrial Matadouro e Frigorífico Ltda., Matadouro São Geraldo e Matadouro e Frigorífico Paladar Ltda. a vazão de captação é nula, apresentando apenas outorga de lançamento de efluentes no domínio estadual.

Tabela 8 – Outorgas de dominialidade estadual (Minas Gerais) na bacia do rio Doce para o setor industrial

Razão Social	UF	Município	Finalidade	Q captação domínio estadual (m <sup>3</sup> ano <sup>-1</sup> )	% em relação ao total outorgado
Agrodemello Laticínios Ltda.	MG	Mutum	Indústria	10.101,60	0,003
Alexandrita Mineração Comércio e Exportação Ltda.	MG	Antônio Dias	Mineração	60.756,00	0,017
Anacleto José Baião	MG	Belo Oriente	Indústria	3.660,00	0,001
Anglo Ferrous Minas Rio Mineração S.A.	MG	Santo Antônio do Grama	Mineração	257.371,20	0,071
Anglo Ferrous Minas Rio Mineração S.A.	MG	Conceição do Mato Dentro	Mineração	34.593.924,72	9,540
AngloGold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.A.	MG	Santa Bárbara	Mineração	2.043.158,40	0,563
AngloGold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.A.	MG	Santa Bárbara	Mineração	962.726,40	0,266
Aperam Inox América do Sul S.A.	MG	Timóteo	Indústria	17.392.320,00	4,796
ArcelorMittal Brasil S.A.	MG	João Monlevade	Indústria	28.143.936,00	7,761
Areal Jacutinga Ltda. – ME	MG	Caratinga	Mineração	25.090,56	0,007
Areal Rocha Oliveira Ltda. ME	MG	Inhapim	Mineração	1.728,00	0,001
Aterro e Desaterro Três Irmãos	MG	Ipanema	Mineração	0,00	0,000
Barbosa e Marques S.A.	MG	Governador Valadares	Indústria	0,00	0,000
Belmont Mineração Ltda.	MG	Itabira	Mineração	501.566,40	0,138
BEMIL – Beneficiamento de Minérios Ltda.	MG	Ouro Preto	Indústria	189.734,40	0,052
Cachaça Velha Serrana Ltda. – ME	MG	Serro	Indústria	9.223,20	0,003
Carlos Luiz Charpinel de Souza	MG	Mutum	Indústria	6.888,96	0,002
Centralbeton Ltda.	MG	Ipatinga	Indústria	4.646,40	0,001
Centralbeton Ltda.	MG	Caratinga	Indústria	15.000,00	0,004
Centralbeton Ltda.	MG	Manhuaçu	Indústria	5.616,00	0,002
Cimento Tupi S.A.	MG	Caranaíba	Indústria	4.428.600,00	1,221
Cipalam Indústria e Comércio de Laminados Ltda.	MG	Ipatinga	Indústria	28.438,20	0,008

Tabela 8 – Continuação...

Razão Social	UF	Município	Finalidade	Q captação domínio estadual (m <sup>3</sup> ano <sup>-1</sup> )	% em relação ao total outorgado
Companhia de Alimentos Ibituruna S.A.	MG	Governador Valadares	Indústria	377.456,40	0,104
Cooperativa dos Produtores Rurais do Serro Ltda.	MG	Serro	Indústria	21.960,00	0,006
Dalton Dias Heringer	MG	Martins Soares	Indústria	35.100,00	0,010
Dias e Siqueira Comercial Ltda.	MG	Aimorés	Indústria	21.960,00	0,006
Fazenda Seara	MG	São Domingos do Prata	Mineração	480,00	0,000
Fertilizante Heringer Ltda	MG	Manhuaçu	Indústria	8.784,00	0,002
Frical Alimentos Ltda.	MG	Caratinga	Indústria	15.966,72	0,004
Frigorífico Industrial Vale do Piranga	MG	Ponte Nova	Indústria	442.603,20	0,122
Frigorífico Millenium Indústria e Comércio Ltda. - Epp	MG	Itabira	Indústria	19.491,84	0,005
Frigorífico Paraíso Ltda.	MG	Santana do Paraíso	Indústria	42.602,40	0,012
Gerdau Aços Longos S.A.	MG	Barão de Cocais	Indústria	3.952.800,00	1,090
Harsco Mineraiis Ltda.	MG	Timóteo	Mineração	276.696,00	0,076
Ice Mineração Ltda.	ES	Mutum	Mineração	4.942,08	0,001
Indústria de Cosmético Haskell Ltda.	MG	Viçosa	Indústria	11.214,24	0,003
Indústrias Tudor Mg de Baterias Ltda.	MG	Governador Valadares	Indústria	25.729,80	0,007
João Alves Costa	MG	São João do Manhuaçu	Indústria	3.240,00	0,001
Laminação Paraíso Ltda.	MG	Santana do Paraíso	Indústria	38.287,26	0,011
Laticínio Bela Vista Ltda.	MG	Governador Valadares	Indústria	0,00	0,000
Laticínio Monte Celeste Ltda.	MG	São Geraldo	Indústria	4.392,00	0,001
Laticínios Minas Colonial Ltda. – ME	MG	Viçosa	Indústria	10.248,00	0,003
Laticínios Porto Alegre Indústria e Comércio Ltda.	MG	Mutum	Indústria	180.072,00	0,050
Lumar Metalúrgica Ltda	MG	Santana do Paraíso	Indústria	11.206,92	0,003

Tabela 8 – Continuação...

Razão Social	UF	Município	Finalidade	Q captação domínio estadual (m <sup>3</sup> ano <sup>-1</sup> )	% em relação ao total outorgado
Mafrial Matadouro e Frigorífico Ltda.	MG	Governador Valadares	Indústria	0,00	0,000
Magnesita Insider Refratários Ltda.	MG	Coronel Fabriciano	Indústria	7.246,80	0,002
Mármore e Granitos Do Vale Ltda.	MG	Belo Oriente	Indústria	8.564,40	0,002
Matadouro e Frigorífico Paladar Ltda.	MG	Jaguaraçu	Indústria	0,00	0,000
Matadouro Rio Doce Ltda.	MG	Santana do Paraíso	Indústria	89.304,00	0,025
Matadouro São Geraldo Ltda.	MG	Governador Valadares	Indústria	20.862,00	0,006
Matadouro São Geraldo Ltda.	MG	Governador Valadares	Indústria	0,00	0,000
Mineração Serras do Oeste	MG	Itabirito	Mineração	800.149,20	0,221
Mineração Serras do Oeste Ltda.	MG	Santa Bárbara	Mineração	1.753.110,72	0,484
Monte Santo Mineradora e Exportadora S.A.	MG	Dores de Guanhães	Mineração	45.021,66	0,012
Nova Era Silicon S.A.	MG	Conceição do Mato Dentro	Indústria	64.355,57	0,018
Odilon Simões Filho – ME	MG	Conceição do Mato Dentro	Mineração	14.222,88	0,004
Orthoflex Indústria e Comércio de Colchões Ltda.	MG	Santana do Paraíso	Indústria	10.980,00	0,003
Pedreira Bom Jardim Indústria e Comércio Ltda.	MG	Reduto	Mineração	6.332,04	0,002
Petra Mineração Comércio e Exportação Ltda.	MG	Antônio Dias	Indústria	158.112,00	0,044
Preservar Madeira Reflorestada Ltda.	MG	Santana do Paraíso	Indústria	17.568,00	0,005
Reynaldo Costa Ferreira – ME	MG	Conceição do Mato Dentro	Mineração	1.555.200,00	0,429
Rio da Mata Empreendimentos e Participações S.A.	MG	Viçosa	Indústria	46.116,00	0,013
Samarco Mineração S.A.	MG	Mariana	Mineração	24.579.842,64	6,779
Samarco Mineração S.A.	MG	Santa Bárbara	Mineração	20.978.300,16	5,785
Santher - Fábrica de Papel Santa Terezinha S.A.	MG	Governador Valadares	Indústria	1.465.098,00	0,404
Sociedade Brasileira de Ferro Ligas Ltda.	MG	Rio Casca	indústria	13.267,50	0,004

Tabela 8 – Continuação...

Razão Social	UF	Município	Finalidade	Q captação domínio estadual (m <sup>3</sup> ano <sup>-1</sup> )	% em relação ao total outorgado
Topázio Imperial Mineração Comércio e Indústria Ltda.	MG	Ouro Preto	Indústria	507.276,00	0,140
Transportadora Carmo Ltda. – ME	MG	Mutum	Mineração	10.454,40	0,003
Usiminas Mecânica S.A.	MG	Santana do Paraíso	Indústria	1.098,00	0,000
Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A.	MG	Ipatinga	Indústria	95.011.392,00	26,201
Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. - Usiminas	MG	Santana do Paraíso	Indústria	9.150,00	0,003
Vale Manganês S.A.	MG	Ouro Preto	Indústria	276.556,92	0,076
Vale S.A.	MG	Mariana	Mineração	18.384.912,00	5,070
Vale S.A.	MG	Ouro Preto	Mineração	13.140.864,00	3,624
Vale S.A.	MG	Barão de Cocais	Mineração	9.395.366,40	2,591
Vale S.A.	MG	Mariana	Indústria	6.756.740,64	1,863
Vale S.A.	MG	Mariana	Mineração	320.616,00	0,088
Vale S.A.	MG	Rio Piracicaba	Mineração	7.655.548,80	2,111
Vale S.A.	MG	São Gonçalo do Rio Abaixo	Mineração	22.341.869,76	6,161
Vale S.A.	MG	Itabira	Mineração	29.323.444,20	8,087
Vale S.A.	MG	Itabira	Mineração	13.660.584,00	3,767
			<b>Vazão total</b>	<b>362.619.245,96</b>	<b>100,000</b>

Fonte: Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais, disponibilizado pela ANA em 2013

### 2.3.1.2. Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0)

Objetivando definir as tipologias das indústrias outorgadas na bacia do rio Doce, adotou-se a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0), a qual utiliza um critério mundialmente usado para classificação das tipologias industriais, possibilitando o ordenamento das unidades produtivas segundo a sua principal atividade econômica, sendo esta entendida como a combinação de recursos, mão-de-obra, capital, matérias primas e serviços, associada a um processo produtivo, que leva à produção de bens ou serviços (IBGE, 2010).

Segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a CNAE é construída para organizar as informações das unidades produtivas e institucionais com o objetivo de padronizar os códigos de identificação destas, facilitando as estatísticas dos fenômenos derivados da sua participação no processo econômico a partir do ordenamento que privilegia segmentos homogêneos quanto ao processo de produção e mercado (IBGE, 2010).

O ordenamento das atividades econômicas do setor industrial envolve duas grandes seções da CNAE (2.0): seção B - Indústrias Extrativistas e seção C - Indústrias de Transformação. Cada seção é subdividida em divisões, as divisões em grupos e os grupos em classes. Na Tabela 9 é apresentada, para fins de exemplificação, a estrutura da CNAE 2.0 para a seção B e divisão 07.

Tabela 9 – Estrutura da CNAE 2.0 para seção B e divisão 07

Seção	Divisão	Grupo	Classe	Descrição
B				Indústrias Extrativistas
	07			Extração de minerais metálicos
		071		Extração de minério de ferro
			0710-3	Extração de minério de ferro
		072		Extração de minerais metálicos não - ferrosos
			0721-9	Extração de minério de alumínio
			0722-7	Extração de minério de estanho
			0723-5	Extração de minério de manganês
			0724-3	Extração de minério de metais preciosos
			0725-1	Extração de minerais radioativos
			0729-4	Extração de minerais metálicos não-ferrosos não especificados anteriormente

Para obter a tipologia de atividade econômica na qual a empresa se enquadra procurou-se identificar o número do CNPJ de cada uma das empresas outorgadas na bacia do rio Doce, sendo assim possível acessar o registro de situação cadastral de pessoa jurídica no site da Receita Federal do Brasil e, conseqüentemente, obter a CNAE da sua atividade principal.

Nas Tabelas 10 e 11 são apresentadas as classificações das indústrias contempladas no CNARH, de domínio da União, e no Cadastro de Usuários Estadual de Minas Gerais, respectivamente, com base na CNAE 2.0.

Tabela 10 – Enquadramento das indústrias outorgadas no domínio da União com base na CNAE 2.0

<b>Código CNAE</b>	<b>Descrição</b>	<b>Número de indústrias</b>	<b>Q outorgada (m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>% da Q outorgada em relação ao total</b>
<b>B. Indústria Extrativista</b>				
0810-0	Extração de pedra, areia e argila	28	2.419.385,0	2,100
0899-1	Extração de minerais não-metálicos não especificados anteriormente	1	223.560,0	0,194
<b>C. Indústria de Transformação</b>				
1011-2	Abate de reses, exceto suínos	3	1.094.640,0	0,95
1051-1	Preparação do leite	1	30.390,0	0,026
1052-0	Fabricação de laticínios	5	913.682,0	0,793
1412-6	Confecção de peças de vestuário, exceto roupas íntimas	8	285.534,0	0,248
1510-6	Curtimento e outras preparações de couro	1	0,0	0,0
1710-9	Fabricação de celulose e outras pastas para fabricação de papéis	1	109.451.448,0	95,020
2349-4	Fabricação de produtos cerâmicos não refratários não especificados anteriormente	1	12.481,9	0,011

Observa-se, na Tabela 10, que das 65 indústrias contempladas no CNARH foi possível definir a tipologia de 49 dessas, uma vez que para 16 indústrias não foi obtido o CNPJ das mesmas. A vazão outorgada para as indústrias sem identificação de tipologia totaliza 746.866,50 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>, representando 0,65% da vazão total outorgada.

Tabela 11 – Enquadramento das indústrias outorgadas no domínio estadual (MG) com base na CNAE 2.0

Código CNAE	Descrição	Número de indústrias	Q outorgada (m <sup>3</sup> ano <sup>-1</sup> )	% da Q outorgada em relação ao total
<b>B. Indústria Extrativista</b>				
0710-3	Extração de minério de ferro	13	201.389.384,5	55,54
0724-3	Extração de minério de metais preciosos	4	5.559.144,7	1,53
0810-0	Extração de pedra, areia e argila	5	66.750,2	0,020
0893-2	Extração de gemas (pedras preciosas e semipreciosas)	1	501.566,4	0,138
0899-1	Extração de minerais não-metálicos não especificados anteriormente	3	855.122,4	0,24
<b>C. Indústria de Transformação</b>				
1011-2	Abate de reses, exceto suínos	8	210.186,9	0,060
1012-1	Abate de suínos, aves e outros pequenos animais	1	442.603,2	0,121
1013-9	Fabricação de produtos de carne	1	0,0	0,0000
1051-1	Preparação do leite	1	180.072,0	0,049
1052-0	Fabricação de laticínios	7	424.158,0	0,117
1111-9	Fabricação de aguardentes e outras bebidas destiladas	1	9.223,2	0,0025
1610-2	Desdobramento de madeira	1	17.568,0	0,005
1742-7	Fabricação de produtos de papel para usos doméstico e higiênico-sanitário	1	1.465.098,0	0,404
2013-4	Fabricação de adubos e fertilizantes	2	43.884,0	0,010
2063-1	Fabricação de cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	1	11.214,2	0,003
2320-6	Fabricação de cimento	1	4.428.600,0	1,221
2330-1	Fabricação de artefatos de concreto, cimento, fibrocimento, gesso e materiais semelhantes	1	25.090,5	0,007
2341-9	Fabricação de produtos cerâmicos refratários	1	7.246,8	0,0020
2412-1	Produção de ferroligas	3	354.179,9	0,098
2422-9	Produção de laminados planos de aço	2	112.403.712,0	30,997
2423-7	Produção de laminados longos de aço	2	32.096.736,0	8,851
2424-5	Produção de relaminados, trefilados e perfilados de aço	1	28.438,2	0,0078
2452-1	Fundição de metais não-ferrosos e suas ligas	1	11.206,9	0,0031
2722-8	Fabricação de baterias e acumuladores para veículos automotores	1	25.729,8	0,0071
3031-8	Fabricação de locomotivas, vagões e outros materiais rodantes	2	10.248,0	0,003
3104-7	Fabricação de colchões	1	10.980,0	0,003

No cadastro das outorgas de domínio estadual, das 81 unidades industriais foi possível classificar 66, uma vez que para as 15 unidades restantes não foram obtidas as informações necessárias para a classificação. A vazão outorgada para as indústrias nas quais não se obteve a CNAE totaliza 2.041.101,90 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>, o que corresponde a 0,56% da vazão total outorgada.

Pela análise das Tabelas 10 e 11 observa-se que na bacia do rio Doce os setores extrativistas mais representativos em termos de vazão total outorgada são os de: pedra, areia e argila, minério de ferro e minério de metais preciosos. No setor de transformação, cita-se: a fabricação de celulose e outras pastas para fabricação de papel, fabricação de cimento e a siderurgia com a produção de laminados planos de aço e de laminados longos de aço.

Ressalta-se que em função da não disponibilização do Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos do Espírito Santo pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), ficou inviabilizada a análise e caracterização das indústrias localizadas na bacia do rio Doce que captam água na dominialidade do referido Estado.

### **2.3.1.3. Práticas de uso e conservação da água no setor industrial**

Para a maioria das empresas a água é um dos insumos básicos para suas operações, ao mesmo tempo em que os efluentes gerados podem causar a poluição dos mananciais. Desta forma, cresce o número de empresas que adotam posturas proativas para gestão e uso racional da água. A gestão ineficiente deste insumo aumenta os riscos de danos à imagem das empresas, aumentam os custos de produção e o risco de escassez hídrica (GERBENS-LEENES, 2008).

As práticas de conservação de água que vem se disseminando em todo o Brasil consistem basicamente na gestão da demanda, ou seja, na redução dos volumes de água captados por meio da otimização do uso e na utilização de fontes alternativas de água (FIRJAN, 2006).

Portanto, devem-se considerar as fontes alternativas de abastecimento, tais como reuso e aproveitamento da água da chuva, que se implantadas adequadamente apresentam, dentre outros, os seguintes benefícios: redução dos volumes de captação de águas superficiais e subterrâneas, redução do lançamento de efluentes em cursos d'água, melhoria da qualidade das águas através da redução da poluição hídrica e conformidade legal em relação a padrões e normas ambientais estabelecidas (ANA, 2013).

### 2.3.1.3.1. Captação de água de chuva

Uma das possíveis alternativas para compor o abastecimento de água de uma indústria são as águas pluviais, sendo fontes alternativas importantes, devido às grandes áreas de telhados e pátios disponíveis na maioria das indústrias. Além de apresentarem qualidade superior aos efluentes considerados para reuso, os sistemas utilizados para sua coleta e armazenamento não apresentam custos elevados e podem ser amortizados em períodos relativamente curtos. Esta fonte deve ser utilizada, na maioria das vezes, como complementar às fontes convencionais, principalmente durante o período de chuvas intensas (FIRJAN, 2006).

O aproveitamento de águas pluviais demanda estudos específicos para cada situação particular. São necessários dados de área de cobertura, séries históricas pluviométricas, características da demanda industrial e da área disponível para implantação de reservatórios e de eventuais sistemas de tratamento e de distribuição (FIRJAN, 2006).

Segundo a Fiesp (2004), a utilização de águas pluviais como fonte alternativa de abastecimento requer, além da gestão da quantidade, a gestão da qualidade. Quando utilizada para fins menos exigentes, como rega de jardins ou lavagem de áreas externas, a água não necessita de tratamento avançado e, desta forma, ao reservar e utilizar as águas pluviais possibilita-se a conservação de água de melhor qualidade.

Analisando os dados existentes na literatura técnica, verifica-se que a qualidade das águas pluviais é influenciada pela localização (zona urbana, industrial ou rural), regime de chuvas, condições climáticas da região, características da bacia, densidade demográfica, área impermeabilizada, declividade, tipo de solo, cobertura e lavagem da superfície drenada (HESPANHOL e MAY, 2013).

### 2.3.1.3.2. Reuso de água

De uma maneira geral pode-se definir o reuso de água como o uso de água residuária<sup>3</sup>, tratada ou não, no atendimento de algum uso benéfico (FÉRES *et al.*, 2007).

A adoção de práticas de reuso está associada a uma série de benefícios ambientais, uma vez que implica na redução da necessidade de captação de água, bem como na diminuição do lançamento de efluentes nos corpos hídricos. Estas reduções possibilitam uma melhora na qualidade da água e contribui para um uso mais sustentável dos recursos hídricos, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais exigentes, tal como o abastecimento doméstico. Existem também benefícios econômicos, uma vez que a empresa não acrescenta a seus produtos os custos relativos à cobrança pelo uso da água (FIRJAN, 2006).

A maior parte da água utilizada nos processos industriais destina-se ao resfriamento, diluição e lavagem, sendo posteriormente devolvida aos corpos de água. Cerca de 86% da água captada para fins industriais é devolvida como efluente. Este fato faz com que seja tecnicamente viável para as indústrias – por meio de processos de tratamento e reciclagem da água – reduzir o consumo de água e de geração de efluentes. A tecnologia de reuso está ocupando gradativamente espaço no meio industrial, principalmente pelo reconhecimento da economia propiciada por sua adoção (DOMINGUES, 2013).

Para a aplicação da prática do reuso de água em indústrias, existem duas alternativas a serem consideradas. Uma delas é o reuso macro externo, definido como o uso de efluentes tratados provenientes das estações administradas por concessionárias ou outras indústrias. A segunda é o reuso macro interno, definido como o uso interno de efluentes, tratados ou não, provenientes de atividades realizadas na própria indústria.

A adoção do reuso macro interno pode ser feito de duas maneiras distintas: reuso em cascata e de efluentes tratados (FIESP, 2004; HESPANHOL e MAY, 2013).

---

<sup>3</sup>FIESP (2004) define água residuária como esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não.

### **2.3.1.3.2.1. Reuso em cascata**

Neste tipo de reuso, o efluente gerado em um determinado processo industrial é diretamente utilizado, sem tratamento, em outro subsequente, pois o efluente atende aos requisitos de qualidade da água exigidos no processo (FIRJAN, 2006).

Para que seja avaliado o potencial de reuso de água em cascata é necessário que se disponha de dados referentes às características do efluente disponível e dos requisitos de qualidade de água no processo no qual se pretende fazer o reuso. Em uma estimativa inicial, a caracterização completa do efluente seria muito onerosa, de modo que a estratégia a ser utilizada deve considerar, inicialmente, algum parâmetro crítico, ou então, parâmetros gerais que possam representar com segurança um determinado grupo de substâncias. A citar, pode-se usar a condutividade elétrica ou a concentração de sais dissolvidos totais, que representam, com segurança, os compostos inorgânicos e a medida da demanda química de oxigênio, que pode ser empregada para representar as substâncias orgânicas. Além destes, a medida do pH, turbidez e cor também podem ser úteis no estágio inicial para a avaliação do potencial de reuso (HESPANHOL e MAY, 2013).

Na maioria dos casos, os efluentes gerados nos processos industriais são coletados em tubulações ou sistemas centralizados de drenagem, podendo resultar na mistura entre os efluentes de diversas áreas e processos, dificultando a implantação da prática de reuso em cascata. Por esta razão, para possibilitar o reuso, devem ser feitas alterações para que o efluente não seja incorporado aos demais (FIRJAN, 2006).

Em algumas situações a substituição total da fonte de abastecimento de água por efluentes pode não ser viável, podendo-se, nestas situações, utilizar os métodos de reuso parcial de efluentes e mistura do efluente com água do sistema de abastecimento (HESPANHOL e MAY, 2013).

#### **- Reuso parcial de efluentes**

Uma variação do reuso em cascata é o reuso parcial de efluentes, que consiste na utilização de uma parcela do efluente gerado. Este processo é indicado quando ocorre a variação da concentração dos contaminantes no efluente com o

tempo. Esta situação é comum em operações de lavagem com alimentação de água e descarte do efluente de forma contínua (FIRJAN, 2006).

A citar o uso de reatores e tanques de mistura com grande capacidade para a obtenção e armazenagem dos mais diversos tipos de produtos. Em todos os casos, após a utilização destes componentes, é necessário promover a lavagem destes dispositivos de maneira a possibilitar o uso em uma próxima campanha de produção, sem que haja risco de contaminação dos produtos a serem obtidos. Este fato pode ser evidenciado ao se analisar o caso de equipamentos de grande volume, onde a operação de um processo de lavagem que utiliza a água para promover a remoção e transporte dos contaminantes acarreta a variação da concentração do contaminante no efluente com o tempo, sendo que a concentração no início da operação é elevada, podendo sofrer uma redução exponencial à medida que a operação se desenvolve. Este fenômeno é um indicativo do potencial de aproveitamento de uma parcela do efluente gerado, seja na própria operação de lavagem, ou numa outra operação (HESPANHOL e MAY, 2013).

#### **- Mistura do efluente com água do sistema de abastecimento**

A mistura do efluente com água de qualquer outro sistema de coleta convencional pode ser considerada como outra forma do reuso em cascata (FIRJAN, 2006).

Em algumas situações, o efluente gerado em um processo qualquer pode apresentar características bastante próximas dos requisitos de qualidade da água exigidos para uma determinada aplicação, mas que ainda não são suficientes para possibilitar o reuso, ou então, a quantidade de efluente não é suficiente para atender à demanda exigida. Para estas condições pode-se promover a mistura do efluente gerado com a água proveniente do sistema de abastecimento, de maneira a adequar as características do efluente aos requisitos do processo (HESPANHOL e MAY, 2013).

Segundo os mesmos autores, os benefícios desta prática estão relacionados com a redução da demanda de água proveniente do sistema de abastecimento e com a redução da geração de efluentes. É importante observar que a adoção desta alternativa também requer um programa de monitoramento adequado, de maneira

que seja possível garantir uma água de reuso com qualidade constante ao longo do tempo, por meio da variação da relação entre os volumes de efluente e de água do sistema de abastecimento.

#### **2.3.1.3.2.2. Reuso de efluentes tratados ou reuso com tratamento**

Esta é a forma de reuso que tem sido mais adotada pelo setor industrial, consistindo na utilização de efluentes gerados localmente, após tratamento adequado para obter a qualidade necessária aos usos pré-estabelecidos (FIRJAN, 2006).

Na avaliação do potencial de reuso de efluentes tratados deve ser considerada a elevação da concentração de contaminantes que não são eliminados pelas técnicas de tratamento empregadas. Assim, em alguns casos, para possibilitar o reuso de um determinado efluente, é necessário um tratamento adicional, para permitir que a concentração de um poluente específico seja compatível com o processo que o utiliza.

Este tratamento adicional, muitas vezes, possibilita a eliminação dos contaminantes de interesse, que pode resultar em um efluente tratado com características de qualidade equivalentes à água que alimenta toda a unidade industrial (FIRJAN, 2006). Isto possibilitaria o reuso de todo o efluente tratado, sendo necessário repor no sistema as perdas de água que ocorrem no processo e a quantidade que é descartada juntamente com o efluente da unidade de tratamento (HESPANHOL e MAY, 2013).

A identificação das possíveis aplicações para o efluente pode ser feita por meio da comparação entre parâmetros genéricos de qualidade, exigidos pela aplicação na qual se pretende fazer o reuso, assim como pelos parâmetros do próprio efluente. Dentre os diversos parâmetros de qualidade que podem ser utilizados para a identificação de aplicações potenciais para o reuso de efluentes, a concentração de Sais Dissolvidos Totais (SDT) pode ser o mais adequado. Isto se justifica em razão da concentração de SDT ser utilizada como um parâmetro restritivo para o uso da água em diversas aplicações industriais, além da limitação

que os processos de tratamento de efluentes, mais comumente utilizados, apresentam para remover SDT (HESPANHOL e MAY, 2013).

#### **2.3.1.4. Indicadores de uso de água para algumas tipologias industriais da bacia do rio Doce**

De acordo com Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce (PIRH-Doce, 2010) e com base nas informações levantadas para o presente relatório, verifica-se que a atividade industrial na bacia do rio Doce é bastante diversificada, destacando-se: as indústrias extrativistas, de celulose, siderúrgica, entre outras.

A seguir são apresentadas informações sobre o uso de água para os setores industriais englobados no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos de domínio da União e no Cadastro de Usuários do IGAM, no âmbito da bacia do rio Doce, destacando as principais práticas de uso racional adotadas e o coeficiente de retirada por tonelada produzida, permitindo assim uma comparação com as informações da Matriz de Coeficientes Técnicos de Recursos Hídricos obtida por MMA (2011).

Destaca-se, entretanto, que a Matriz de Coeficientes Técnicos não pode ser utilizada com a finalidade de avaliar a eficiência do uso da água pelas indústrias, uma vez que sua composição foi fundamentada em dados existentes de indústrias brasileiras sem considerar ou avaliar a gestão interna do uso. Assim, a matriz tem o mérito de disponibilizar dados atualizados sobre o uso da água pelo setor industrial brasileiro, e sua abrangência é limitada aos dados disponíveis.

##### **2.3.1.4.1. Indústrias extrativistas**

Das empresas de mineração presentes na bacia do rio Doce destaca-se a Vale S.A. como a principal usuária de água no domínio estadual (MG). A empresa foi enquadrada na tipologia 0710-3 – Extração de Minério de Ferro, uma vez que a maior parte da produção (85%) é referente à extração de minério de ferro, no

entanto a sua produção contempla outros produtos como o manganês, cobre e bauxita.

O maior uso da água nas operações da Vale S.A. ocorre nas atividades de rebaixamento de nível d'água para lavra em zonas saturadas, nas usinas, onde a água é utilizada para tratamento de minério e resfriamento, na limpeza e aspersão de vias de acesso e pátios de matérias-primas e produtos. Também utiliza-se água nos processos de pelotização, transporte de minério e lavagem de equipamentos e peças (VALE, 2011).

De acordo com a Vale (2011), nas suas unidades industriais busca-se otimizar o uso da água por meio da redução da sua demanda nas operações, da prática de reuso e da minimização da geração de efluentes, sendo de 70% a proporção de água reaproveitada pela empresa no ano de 2011.

Como exemplo do bom gerenciamento dos recursos hídricos cita-se o projeto S11 da Vale, que ampliará a produção de minério de ferro na região de Carajás, na qual o processo de tratamento do minério será inteiramente a seco, proporcionando redução de 93% do consumo de água em relação ao processo convencional. Além disso, 86% da água captada será reutilizada. Outro projeto pioneiro é o implantado na unidade de Ouro Preto, da Vale Manganês S.A., por utilizar sistema de despoeiramento tipo filtro de mangas em forno fechado em vez do sistema de lavador de gases convencional. Essa alternativa reduz o consumo de água, evita o tratamento de efluente gerado e reduz a geração de resíduo do processo. O pó de despoeiramento filtrado nas mangas é de fácil manuseio, se comparado com a lama gerada no lavador de gases (VALE, 2011).

Nas Tabelas 12 e 13 é apresentado o total de água captada, por tipo de captação, e o volume total de água reaproveitada e captada, respectivamente, para as unidades industriais da Vale.

Tabela 12 – Total anual de água captada por tipo de captação, em bilhões de litros, pela Vale

	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Captação Subterrânea	115,2	112,3	101
Captação Superficial	128,7	132,2	251,1
Outros <sup>1</sup>	48,5	49,8	68,6
<b>Total</b>	<b>292,4</b>	<b>294,3</b>	<b>420,6</b>

<sup>1</sup>Captação de águas pluviais, água fornecida por empresas de abastecimento/concessionárias ou proveniente de outras organizações. Aquela de fonte superficial ou subterrânea, que é captada exclusivamente para uso de terceiros, também está contabilizada nesta categoria

Fonte: VALE (2011)

Tabela 13 – Volume total anual de água reaproveitada (reutilizada e recirculada) e captada<sup>1</sup>, em bilhões de litros, pela Vale

	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Água de Reuso	913 (76%)	998 (79%)	953 (70%)
Água Nova	288 (24%)	269 (21%)	400 (30%)
<b>Total</b>	<b>1.201</b>	<b>1.267</b>	<b>1.353</b>

<sup>1</sup> Para o cálculo do percentual de água reaproveitada neste indicador, o volume total de captação de água desconsidera captação para terceiros. Por isso o valor é diferente do apresentado na Tabela 12 que registra o total de água captada por tipo de captação

Fonte: VALE (2011)

Outra importante empresa do parque industrial da bacia do rio Doce e enquadrada na classe 0710 - 3 – Extração de Minério de Ferro é a Samarco Mineração S.A. Segundo Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2006), na unidade de Germano (em Mariana e Ouro Preto) é feita a extração e beneficiamento do minério de ferro na mina de Alegria. Através de um mineroduto (396 km) a polpa com 70,38% de sólidos é transportada para a unidade Ubu (Anchieta-ES). A água é captada em duas fontes: no rio Piracicaba (água nova) e na barragem de Santarém. Outra captação também é feita no rio Matipó para utilização na Estação de Bombas II, no km 154 do mineroduto. O minério extraído das minas da Samarco é composto primordialmente por partículas de quartzo e de hematita. As partículas de quartzo são indesejáveis nos processos siderúrgicos subsequentes e, portanto, o minério deve ser processado para que ocorra a remoção desse material. Esse processamento é feito na planta de beneficiamento (Germano), na qual ocorre a redução do tamanho das partículas de minério e a separação do quartzo. Desse processo, resultam dois produtos: um concentrado, que é transportado via mineroduto para a unidade de Ubu, e o rejeito, que é depositado na Barragem de Germano.

Dentre as ações de gerenciamento do consumo de recursos hídricos implementadas em Germano, o aumento do percentual de sólidos da polpa bombeada pelo mineroduto está diretamente relacionada à diminuição da captação de água no rio Piracicaba. Isso porque, em comparação com as perdas no processo e aos usos consuntivos da água pela empresa, o transporte do concentrado representa a maior parcela de saída daquele recurso da unidade. A diminuição do percentual de água na polpa representa uma menor saída de água do processo de beneficiamento e, conseqüentemente, uma menor necessidade de entrada de água nova no sistema (IBRAM, 2006).

Na Tabela 14 é apresentado o total de água retirada por fonte e na Tabela 15 o total de água reciclada/reutilizada, assim como sua porcentagem em relação ao total consumido pela Samarco Mineração S.A.

Tabela 14 – Total anual de água retirada por fonte, em m<sup>3</sup>, pela Samarco

Fonte	2009	2010	2011
Rio Piracicaba	3.923.704	4.293.092	4.394.607
Rio Matipó	550.612	644.235	721.184
Rio Gualaxo	8.181.607	9.257.000	9.158.516
Poços Alegria	1.096.551	2.155.671	2.083.664
<b>Consumo total de água (m<sup>3</sup>)</b>	<b>13.752.474</b>	<b>16.349.998</b>	<b>16.357.971</b>

Fonte: Samarco (2011)

Tabela 15 – Total anual de água reciclada/reutilizada pela Samarco

	2009	2010	2011
Total de água reciclada/reutilizada (milhares de m <sup>3</sup> )	133.920	158.456	153.968
(%) de água reutilizada em relação ao total consumido	90,68	90,65	90,40

Fonte: Samarco (2011)

Observa-se pela Tabela 15 que o percentual de reutilização de água teve uma diferença pouco significativa entre os anos de 2009 e 2011, se mantendo no patamar dos 90%.

Segundo informações do cadastro de usuários de recursos hídricos estaduais, a Samarco possui duas outorgas: uma no município de Mariana com uma vazão captada de 24.579.842,64 m<sup>3</sup>ano<sup>-1</sup> e outra no município de Santa Bárbara com

vazão captada de 20.978.300,159 m<sup>3</sup>ano<sup>-1</sup>, totalizando uma vazão de 45.558.142,80 m<sup>3</sup>ano<sup>-1</sup>.

Com o objetivo de caracterizar o uso da água pelo setor extrativista fez-se uma análise das informações disponibilizadas pelas indústrias e os coeficientes de retirada apresentados na Matriz de Coeficientes Técnicos de Recursos Hídricos (MMA, 2011). Observa-se que os dados da matriz estão disponíveis em nível de grupo (07.1 - Extração de minério de ferro), pois este contempla apenas uma classe com exatamente a mesma denominação, e o coeficiente de retirada por tonelada de minério de ferro produzida é igual a 1,05, enquanto que o apresentado pelo setor presente na bacia do rio Doce varia de 0,97 a 1,68 m<sup>3</sup>/tonelada métrica seca (TMSc). Ressalta-se, portanto, que os coeficientes são bem próximos ao apresentado na Matriz de Coeficientes Técnicos apresentada por MMA (2011).

#### **2.3.1.4.2. Indústrias de transformação**

##### **2.3.1.4.2.1. Celulose e papel**

No setor de celulose e papel a indústria mais representativa na bacia do rio Doce é a Celulose Nipo-Brasileira S.A (CENIBRA). De acordo com as informações do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos esta indústria faz a captação de 109.451.448,0 m<sup>3</sup>ano<sup>-1</sup> de água e lança 98.477.424,0 m<sup>3</sup>ano<sup>-1</sup>, com uma carga orgânica de 1.643.321,5 kg.ano<sup>-1</sup>. Além da captação em rio de domínio da união, a empresa faz a captação de água em rio de domínio estadual (5.779.934,9 m<sup>3</sup>ano<sup>-1</sup>). Na Tabela 16 estão apresentadas as vazões de captação, lançamento de efluentes e a percentagem de retorno da CENIBRA segundo duas fontes: o Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos e o Relatório de Sustentabilidade da empresa referente ao ano de 2011 (CENIBRA, 2011).

Tabela 16 – Vazões captada e lançada pela CENIBRA, em  $m^3ano^{-1}$ , e o percentual de retorno

Fonte	Vazão captada ( $m^3ano^{-1}$ )	Vazão lançada ( $m^3ano^{-1}$ )	% retorno
CNARH	115.231.382,9	98.477.424,0	85,5
CENIBRA	59.295.303,0	48.685.299,0	82,1

Fonte: CNARH e CENIBRA (2011)

Segundo CENIBRA (2011), estão sendo feitas pesquisas no sentido de reduzir a captação específica de água, sendo realizada a primeira etapa do estudo de avaliação da qualidade do efluente de baixa carga orgânica e de suas fontes primárias, gerando subsídios para sua recuperação e reaproveitamento racional. Os resultados mostraram o grande potencial de reaproveitamento das fontes de baixa carga; entretanto, foi observada também a grande dificuldade operacional em captar e reunir as fontes com potencial de reaproveitamento, devido às grandes distâncias entre elas. As próximas etapas contarão com um estudo de integração industrial para otimizar a geração dos efluentes de baixa carga e facilitar seu reaproveitamento. Na Tabela 17 é apresentado o percentual e volume total de água reciclada e reutilizada.

Tabela 17 – Percentual e volume total de água reciclada e reutilizada pela CENIBRA

<b>Água reciclada e reutilizada</b>	<b>2011</b>	<b>2010</b>	<b>2009</b>
água reciclada e reutilizada ( $m^3$ )	16.602.6	16.794.1	16.700.9
	85	28	03
% de água reciclada/reutilizada em relação ao total consumido	28	28	28

Fonte: CENIBRA (2011)

Em relação às vazões de captação, os impactos relativamente mais importantes seriam do processo industrial. Entretanto, esse impacto é minimizado por meio da devolução ao rio Doce de efluentes tratados, havendo somente 5% de perdas por evaporação no processo em relação à água bruta captada. O outro impacto a ser considerado é o lançamento de carga orgânica no corpo receptor, que também é minimizado por meio do sistema de tratamento de efluentes, garantindo o atendimento de todos os padrões de qualidade exigidos pela legislação ambiental vigente no país (CENIBRA, 2011).

O coeficiente de retirada para o grupo 17.1 - Fabricação de celulose e outras pastas para a fabricação de papel, na bacia do rio Doce, varia de 44,85 a 45,80 m<sup>3</sup> por tonelada seca ao ar e as informações da Matriz de Coeficientes Técnicos de Recursos Hídricos (MMA, 2011) contemplam uma faixa de 25,9 a 46,8 m<sup>3</sup> de água por tonelada seca ao ar. Dessa forma, observa-se que o setor de celulose apresenta uma retirada de água por tonelada de produto bem próximo ao limite superior da matriz obtida por MMA (2011).

#### **2.3.1.4.2.2. Siderurgia**

No setor siderúrgico destaca-se, na bacia do rio Doce, a Usiminas - Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. De acordo com o Relatório de Sustentabilidade do ano de 2008 da empresa, a atividade necessita de um grande volume de água para o resfriamento de equipamentos e produtos, com grandes perdas por evaporação, no entanto a empresa busca reduzir seu consumo de água por meio da recirculação e da otimização do uso. Graças aos seus 20 centros de recirculação, o índice médio de água reaproveitada em suas unidades chegou a 93% (USIMINAS, 2008).

A Usiminas possui duas plantas siderúrgicas: a Usina Intendente Câmara, em Ipatinga-MG, no Vale do Aço, e a Usina José Bonifácio de Andrada e Silva, no Polo Industrial de Cubatão-SP. Em relação à unidade localizada em Ipatinga, na bacia do rio Doce, a captação de águas ocorre no rio Piracicaba, sendo que em 2011 captou-se 2% da vazão média anual do rio Piracicaba. Na Tabela 18 é apresentado o total de água retirada por fonte e por negócio em 2011 (USIMINAS, 2011).

Tabela 18 – Total de água retirada por fonte e por negócio, em m<sup>3</sup>, pela Usiminas no ano de 2011

<b>Consumo total por fonte (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Mineração</b>	<b>Siderurgia</b>	<b>Transformação do Aço</b>	<b>Total</b>
Água de superfície, incluindo áreas úmidas, rios, lagos e oceanos	-	170.418.349	0	170.418.34
Água doce de superfície	3.626.574	-	-	3.626.574
Água subterrânea	7.676.388	-	34.392	7.710.780
Abastecimento municipal ou outras empresas de abastecimento	-	-	216.671	216.671
<b>Total</b>	<b>10.938.962</b>	<b>170.418.349</b>	<b>251.063</b>	<b>181.608.374</b>

Fonte: Usiminas (2011)

A ArcelorMittal Brasil é outra indústria siderúrgica contemplada no cadastro de usuários estaduais da bacia do rio Doce. Segundo informações do Relatório de Sustentabilidade da empresa do ano de 2011, a gestão hídrica é uma prioridade estratégica e a meta é minimizar o volume de captação de água. Para isso, as unidades do grupo investem em projetos de tratamento de esgoto sanitário para que esses efluentes possam ser reaproveitados no processo industrial; em captação de água de chuva para uso em sistemas de resfriamento de máquinas e equipamentos; e em campanhas sobre o uso racional da água para seus empregados e prestadoras de serviços. (ArcelorMittal Brasil, 2011).

Atualmente, as unidades de produção de aço da ArcelorMittal Aços Longos são consideradas referência na gestão de recursos hídricos. Nelas, a massa de efluentes líquidos descartados está ligada principalmente à água pluvial e à água proveniente do uso sanitário, que normalmente é destinada às concessionárias das cidades onde essas unidades estão localizadas. As trefilarias ainda registram descartes de efluentes líquidos, mas vêm inovando, seja pelo aumento crescente do índice de recirculação – na unidade de Contagem esse índice chegou a 98% – seja em novas formas de obtenção do recurso, caso da água de chuva captada para reposição do sistema (ArcelorMittal Brasil, 2011). Na Tabela 19 é apresentado o total de água retirada por fonte, e na Tabela 20 o volume de água reciclada e recirculada pela empresa.

Tabela 19 – Total de água retirada por fonte, em m<sup>3</sup>, pela ArcelorMittal Brasil

<b>Consumo total de água por fonte</b>	<b>Total ( m<sup>3</sup>)</b>
Água do mar	396.942.000
Água doce	29.044.000
Água subterrânea	940.000
Abastecimento municipal ou de outras empresas de abastecimento	1.251.000
<b>Total</b>	<b>428.177.000</b>

Fonte: ArcelorMittal Brasil (2011)

 Tabela 20 – Total de água reciclada e reutilizada, em m<sup>3</sup>, pela ArcelorMittal Brasil

<b>Água reciclada e reutilizada* ( m<sup>3</sup>)</b>	<b>Total</b>
Total de água reciclada/reutilizada	495.414.000
Reposição de perdas	29.878.000

\*Unidades: Cariacica, João Monlevade, Juiz de Fora, Piracicaba, Vega e Tubarão.

Fonte: ArcelorMittal Brasil (2011)

A Gerdau, também contemplada no cadastro de usuários estaduais de recursos hídricos de Minas Gerais, se enquadra na mesma tipologia da Usiminas e ArcelorMittal Brasil. Apresenta atualmente uma das melhores taxas de recirculação de água na indústria mundial do aço, com um índice médio superior a 97%. Esse percentual representou, em 2012, mais de 2 trilhões de litros de água reaproveitados para utilização interna no processo de produção de aço. A pequena quantidade não reaproveitada corresponde principalmente às perdas por evaporação. Esses bons resultados no processo de reutilização da água se devem a investimentos contínuos em avançados sistemas fechados de tratamento e recirculação. Por meio de novas tecnologias e ações de conscientização, a captação de água pelas usinas da Gerdau vem diminuindo ano a ano (GERDAU, 2012).

De acordo com as informações disponibilizadas pelas empresas citadas anteriormente, enquadradas no grupo 24.2 – Siderurgia, o coeficiente de retirada varia de 1,26 a 10,54 m<sup>3</sup>/tonelada de aço bruto, enquanto os coeficientes apresentados na matriz de coeficientes técnicos para o setor industrial brasileiro variam de 1,37 e 81,68 m<sup>3</sup>/ton aço bruto, com um valor médio de 33,6 m<sup>3</sup>/ton aço bruto. Ou seja, o limite inferior apresentado pelas indústrias na bacia está bem próximo ao limite inferior da matriz, enquanto que o limite superior é aproximadamente três vezes inferior ao valor médio da matriz.

### 2.3.1.4.3. Indústria química

No setor químico, destaca-se a Fertilizantes Heringer S.A., enquadrada na classe 2013-4 – Fabricação de Adubos e Fertilizantes, do grupo 20.1 - Fabricação de produtos químicos inorgânicos. Para este grupo o coeficiente de retirada da matriz contempla uma faixa de variação de 16,4 a 47,5 m<sup>3</sup>/t produzida.

De acordo com Heringer (2011), as metas de sustentabilidade estão focadas no desempenho ambiental como a implantação de sistemas de utilização de água e reuso, e de coleta de chuva visando à redução do consumo de água. Na Tabela 21 está apresentado o total de água retirada por fonte na indústria, fornecida tanto pelas companhias de saneamento locais quanto por captação em poços. Com exceção da unidade de Paranaguá-PR, a maior parte da água é destinada ao consumo humano e não ao processo produtivo.

Tabela 21 – Total de água retirada por fonte, em m<sup>3</sup>, pela Fertilizantes Heringer em suas unidades industriais

<b>Total de água utilizada por fonte</b>	<b>2010**</b>	<b>2011</b>
Abastecimento da rede pública	36.502,33	36.718,97
Captação de rios	2.083,73	2.096,10
Poços artesianos*	179.876,10	180.943,67
Poços artesianos**	272.040,97	273.655,54

\* dados reais, \*\* dados estimados nos principais pontos de consumo (lavagem de máquinas, consumo humano na indústria, preparo de refeições, higienização das áreas coletivas e irrigação) levando em consideração o consumo médio em cada um

Fonte: Heringer (2011)

Nas unidades da Heringer de Paranaguá-PR e Dourados-MS há um projeto em implantação que prevê a captação e uso de 100% das águas de chuva, referente aos primeiros 15 minutos de uma precipitação de até 130 mm. Em Paranaguá-PR ainda se tem em fase de implantação o projeto para reutilização de 100% de todo o efluente líquido gerado na planta. O balanço hídrico do complexo de Paranaguá prevê a captação de 1.206 m<sup>3</sup>dia<sup>-1</sup>, os quais irão gerar 334 m<sup>3</sup> de efluentes que são reutilizados nos processos produtivos. A diferença, visando fechar o balanço hídrico, corresponde à água que é consumida e/ou evaporada no processo. A Companhia

continua trabalhando para adequar mais instalações, a fim de viabilizar o aproveitamento de água reciclada (HERINGER, 2011).

#### **2.3.1.4.4. Considerações sobre indicadores de uso da água no setor industrial**

Piotto (2013) afirma que em termos da gestão do uso da água na indústria há uma tendência de utilização de indicadores que permitam a sua correlação com o nível de produção. Desta forma, além de informar e servir de base para os gestores quanto ao desempenho ambiental de uma organização, permitem sua comparação. Como exemplo cita o caso de duas unidades que produzam os mesmos produtos, independente do nível de produção, e que tenham indicadores específicos diferentes de retirada de água e de geração de efluentes, significando que existem oportunidades de melhoria em termos de conservação de água na empresa que tem o maior índice (maior retirada de água e geração de efluente para cada unidade produzida). Estas oportunidades podem ser relacionadas à melhoria da gestão e à melhoria tecnológica, dentre outros.

Um dos grandes benefícios dos indicadores de consumo de água para a indústria é a possibilidade de se avaliar sua eficiência quanto ao uso da água, objetivando a melhoria dos processos que utilizam água, minimizando os impactos gerados, seja pelo aspecto qualitativo, bem como pelo quantitativo. Além disto, através dos indicadores há possibilidade de *benchmarking* entre indústrias de mesmo segmento, bem como das indústrias nacionais com as internacionais (HESPANHOL, 2013).

Observa-se que na bacia do rio Doce as indústrias extrativistas, mais especificamente o setor de extração de minério de ferro, contemplam 13 unidades correspondentes a três empresas de grande porte, como verificado no cadastro de usuários de recursos hídricos de Minas Gerais. A demanda de água por estas unidades equivale a 55% do total outorgado pelo IGAM (201.389.384,5 m<sup>3</sup>/ano). No entanto, apesar dessa expressiva demanda, a reutilização dos efluentes atinge valores altos, variando de 70 a 90%, existindo casos de projetos em que já é adotado o sistema fechado. Essas ações refletem positivamente nos indicadores de uso da água no setor, pois o coeficiente de retirada apresenta valores próximos ao

limite inferior do intervalo disponibilizado na Matriz de Coeficientes Técnicos de Recursos Hídricos obtida por MMA (2011).

No caso do setor industrial de celulose e papel a porcentagem de recirculação de água gira em torno dos 28% e o coeficiente de retirada está próximo ao limite superior da matriz.

Analisando os casos de sucesso do uso da água no Brasil no referido setor, pode-se constatar que a adoção de posturas no sentido de reduzir o consumo de água possibilitou, em uma empresa específica, um grande avanço na redução dos índices de uso de água, através da implantação de programas de reuso ao processo e de mudanças de tecnologias, com redução de 43,49% na captação de água, passando o indicador de 44,00 m<sup>3</sup>/TSA em 2004 para 24,86 m<sup>3</sup>/TSA em 2007 (ANA, 2013).

Já o setor siderúrgico, enquadrado nas classes de produção de laminados planos de aço, laminados longos de aço e relaminados, trefilados de aço, representados por cinco empresas, é responsável pela captação de aproximadamente 40% da vazão total outorgada pelo IGAM para o setor industrial na bacia do rio Doce, de acordo com cadastro de usuários de recursos hídricos estadual. A porcentagem de reutilização de água nesse setor para todas as indústrias da bacia do Doce apresenta valores superiores a 90%, podendo chegar a 98%, e o indicador de uso da água está abaixo da média apresentada na matriz de coeficientes técnicos obtida por MMA (2011).

Ressalta-se, novamente, que a Matriz de Coeficientes Técnicos não pode ser utilizada com a finalidade de avaliar a eficiência do uso da água pelas indústrias, uma vez que sua composição foi fundamentada em dados existentes de indústrias brasileiras sem considerar ou avaliar a gestão interna do uso.

#### **2.3.1.5. Proposição de Kt com reconhecimento das boas práticas de uso de água no setor industrial**

A Deliberação do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Doce nº 26, de 31 de março de 2011, que dispõe sobre mecanismos e valores de cobrança pelo uso dos recursos hídricos, estabelece que o K<sub>i</sub> é o coeficiente que leva em conta a natureza

do uso e/ou as boas práticas de uso e conservação da água. Indica, ainda, que o  $K_t$  foi inicialmente considerado como sendo igual a 1 para os setores usuários, exceto para os usos agropecuários.

No artigo 8º, inciso II, da referida deliberação, é estabelecido que a agência de água da bacia deverá, no prazo de dois anos, a partir do início da cobrança, apresentar ao comitê de bacia estudos visando ao aperfeiçoamento do  $K_t$ , com reconhecimento das boas práticas de uso e conservação das águas.

Dessa forma, objetiva-se propor valores de  $K_t$  para reconhecer as práticas de uso e conservação da água especificamente para o setor industrial da bacia do rio Doce.

Como descrito anteriormente, as práticas mais comumente utilizadas pelo setor industrial são o reuso e a captação de água de chuva e, em função disso, propõe-se que o  $K_t$  deva contemplar estas práticas de forma individualizada, uma vez que parte das indústrias adota apenas uma das duas práticas em questão, conforme apresentado na equação a seguir:

$$K_t = 1 - (0,7 K_{\text{reuso}} + 0,3 K_{\text{chuva}}) \quad (5)$$

em que:

$K_{\text{reuso}}$  = coeficiente de base anual que leva em conta a percentagem de reuso de água nas indústrias; e

$K_{\text{chuva}}$  = coeficiente de base anual que leva em conta a percentagem de captação de água de chuva nas indústrias em relação ao total captado.

Observa-se pela equação anterior que quanto maiores os valores do  $K_{\text{reuso}}$  e  $K_{\text{chuva}}$ , menor será o  $K_t$  e, conseqüentemente, menor o valor da cobrança para as indústrias que adotam boas práticas visando a conservação de água na bacia do rio Doce. Assim, a redução do  $K_t$  poderá atuar como incentivo às empresas para adotarem o reuso e o aproveitamento de água da chuva, como formas alternativas para suprir a demanda hídrica, ocasionando menor impacto aos recursos hídricos da bacia do rio Doce.

De acordo com a equação proposta para a estimativa do  $K_t$  no setor industrial, o coeficiente  $K_{reuso}$  tem como fator multiplicador 0,7, enquanto que para o  $K_{chuva}$ , o fator é 0,3. O maior peso atribuído ao reuso em relação ao aproveitamento de água da chuva justifica-se em função de:

- o reuso de água é a prática mais utilizada pelo setor industrial na bacia do rio Doce, e por isso aquela na qual se tem maior controle e base de informações;
- o reuso de água apresenta como vantagens tanto a diminuição da captação como do lançamento de efluentes;
- a captação de água de chuva se restringe a determinados períodos do ano, tendo um menor potencial de uso, particularmente para as empresas com grande demanda.

Outro aspecto a ser destacado é a baixa disponibilidade de informações sobre o volume de água de chuva captado pelas indústrias, pois a maior parte delas apenas informa se utilizam ou não tal prática sem, entretanto, apresentar os valores absolutos ou percentuais do volume captado em relação à demanda total, dificultando dessa forma a definição de faixas de uso.

Para definir o valor de  $K_{reuso}$  propuseram-se faixas que correspondem a diferentes intervalos de percentagem de reuso, conforme apresentado na Tabela 22. Assim, quanto maior a reutilização de água, maior o benefício dessa prática para a indústria, pois irá refletir no menor valor de  $K_t$  praticado.

Tabela 22 – Valores propostos de  $K_{reuso}$  para diferentes faixas de percentagem de reuso de água na indústria

Faixas	1	2	3	4
% reuso	<10	10 - 40	40 - 70	70 - 100
$K_{reuso}$	0,0	0,1	0,2	0,3

Pelas informações da Tabela 22, observa-se que o valor do  $K_{reuso}$  varia de 0, para as indústrias que reutilizam no máximo 10% dos efluentes, a 0,3, para aquelas com reuso de 70 a 100% dos seus efluentes.

Para determinação do  $K_{chuva}$  também foi necessário definir faixas que representassem a relação entre o volume de chuva captado e o volume total anual captado outorgado para a indústria. Em razão da dificuldade de se obter dados de aproveitamento de água de chuva no setor industrial brasileiro, as faixas foram

definidas de acordo com as percentagens máxima e mínima observadas em diversas fontes consultadas (ANA, 2013). Na Tabela 23 são apresentadas as faixas relacionadas com a percentagem que o volume captado de chuva representa em relação ao volume anual captado outorgado para a indústria, assim como os correspondentes valores de  $K_{\text{chuva}}$  propostos.

Tabela 23 – Valores propostos de  $K_{\text{chuva}}$  para diferentes faixas de percentagem do volume captado de chuva em relação ao volume total anual captado outorgado para as indústrias

Faixas	1	2	3	4
% volume captado de chuva	0 - 5	5 - 15	15 - 25	25 - 35
$K_{\text{chuva}}$	0,0	0,1	0,2	0,3

Pela análise da equação 5 e das Tabelas 22 e 23, caso uma determinada indústria apresente altas taxas de reuso (70 – 100%) e de aproveitamento da água de chuva (25 – 35%), os valores do  $K_{\text{reuso}}$  e  $K_{\text{chuva}}$  serão de 0,3, reduzindo o valor de  $K_t$  de 1 para 0,7. Dessa forma, a compensação no valor cobrado para captação de água, considerando as principais práticas de uso racional, será de no máximo 30%, sendo 21% referente ao reuso e 9% à captação de água de chuva.

Optou-se por considerar essa faixa de variação do  $K_t$  para estimular a conservação dos recursos hídricos na bacia do rio Doce por meio da redução do valor da cobrança para captação de água para as indústrias que adotem boas práticas. Outro fator a ser destacado é que uma faixa de variação do  $K_t$  menor do que a proposta, com pequena interferência nos valores de cobrança atualmente praticados, não geraria estímulos para que o setor industrial da bacia adotasse as referidas práticas.

Destaca-se que as faixas apresentadas nas Tabelas 22 e 23 deverão ser aplicadas a todas tipologias de atividades industriais das seções B e C da CNAE 2.0, pois a falta de informações mais detalhadas sobre o uso da água no setor não permite uma descrição precisa do reuso e da captação de água de chuva para cada tipologia individualmente.

A Tabela 24 apresenta a variação dos valores de  $K_t$  para as diferentes faixas de  $K_{\text{reuso}}$  e  $K_{\text{chuva}}$  propostas para o setor industrial da bacia do rio Doce.

Segundo afirma Piotto (2013), apesar do aspecto atrativo dos programas de conservação da água em função da redução dos impactos ambientais, a sua

utilização ainda é limitada, sendo que as principais barreiras são, entre outras: custos altos para o financiamento de projetos na indústria, juntamente com a falta de mecanismos e incentivos apropriados para esse financiamento, e também por apresentar baixo retorno financeiro. Dessa forma, a redução do valor pago pelas indústrias que adotam medidas de uso racional da água pode servir como indutor para utilização dessas práticas.

Ao contrário do exemplificado anteriormente, se a empresa não adota as mencionadas práticas de uso racional da água e, conseqüentemente, apresenta porcentagem de reutilização dos efluentes inferior a 10% e de aproveitamento de água de chuva inferior a 5%, o  $K_{reuso}$  e  $K_{chuva}$  serão nulos e, assim, o  $K_t$  permanecerá com valor 1, atualmente praticado. Dessa forma, não haverá qualquer redução dos valores cobrados pela captação de água para o setor industrial.

Tabela 24 – Valores propostos de  $K_t$  para diferentes combinações de percentagens de reuso e de captação de água de chuvas para o setor industrial na bacia do rio Doce

Práticas		$K_{reuso}$	$K_{chuva}$	$K_t$
Reuso (%)	Captação de água de chuva (% volume chuva/volume captado)			
70 – 100	25 - 35	0,3	0,3	0,70
70 – 100	15 - 25	0,3	0,2	0,73
70 – 100	5 - 15	0,3	0,1	0,76
40 – 70	25 - 35	0,2	0,3	0,77
70 – 100	0 - 5	0,3	0,0	0,79
40 – 70	15 - 25	0,2	0,2	0,80
40 – 70	5 - 10	0,2	0,1	0,83
10 – 40	25 - 35	0,1	0,3	0,84
40 – 70	0 - 5	0,2	0,0	0,86
10 – 40	15 - 25	0,1	0,2	0,87
10 – 40	5 - 15	0,1	0,1	0,90
<10	15 - 25	0,0	0,3	0,91
10 – 40	0 - 5	0,1	0,0	0,93
<10	5 - 15	0,0	0,2	0,94
<10	5 - 15	0,0	0,1	0,97
<10	0 - 5	0,0	0,0	1,00

## 2.3.2. Saneamento

### 2.3.2.1. Preliminares

A utilização da água para abastecimento acompanha a história da humanidade, sendo que sua demanda passou a determinar a localização de comunidades, seja na implantação da agricultura como meio de subsistência ou mesmo para o próprio abastecimento da população, a fim de atender suas necessidades. Para tanto, foi necessário a construção de sistemas de captação da água, inicialmente desenvolvidos pelos povos antigos. Segundo Azevedo Netto (1959), “antigos registros verificam, além do desenvolvimento da irrigação na Mesopotâmia, diversas obras relacionadas ao saneamento, tais como: as galerias de esgotos construídas em Nippur, na Índia, por volta de 3.750 a.C; o abastecimento de água e a drenagem encontrados no Vale do Indo em 3.200 a.C., onde muitas ruas e passagens possuíam canais de esgotos, cobertos por tijolos com aberturas para inspeção, e as casas eram dotadas de banheiras e privadas, lançando o efluente diretamente nesses canais.”

Várias civilizações entraram em decadência devido a desequilíbrios ambientais. Liebmann (1979) descreve que “os Maias, por exemplo, teriam abandonado suas cidades, provavelmente, pela carência de água e erosão do solo provocadas pela destruição da mata primitiva.”

O fim do sedentarismo levou à preocupação em se estabelecer um sistema para a distribuição da água. A transformação de pequenos grupos em cidades tornou a proximidade das pequenas fontes de água com as comunidades insuficiente, sendo necessária a construção de redes e canalização para atender a todos. Os romanos construíram importantes obras hidráulicas na área de saneamento no século IV a.C., que segundo Liebmann (1979), “o consumo de água era de 750 milhões de litros por dia. O transporte de água era feito pelos aquedutos. Por volta de 50 d.C., Roma possuía 10 grandes canalizações para abastecimento de água potável, com mais de 400 km e cada cidadão recebia cerca de 95 litros diários de água.”

A Idade Média, período marcado pelas epidemias, inúmeras guerras e insurreição popular, gerou um retrocesso acerca da importância da instalação de

redes de saneamento. Os hábitos higiênicos foram deixados de lado, em face aos problemas sanitários acometidos nesse período, a ponto que o consumo chegava a ser de um litro por dia por habitante (Menezes, 1984).

Posteriormente, o período conhecido como renascimento europeu, trouxe expressivas mudanças na importância e uso da água. Cidades foram fortificadas com a construção/aumento dos fossos ao seu redor; projetos de fontes (chafarizes) e construção de parques, jardins, monumentos a fim de representar a nova estética renascentista. Posteriormente, com a revolução industrial e desenvolvimento da indústria, surgiu a necessidade de avanços na tecnologia hidráulica, devido a crescente demanda de água e também crescimento dos centros urbanos.

Segundo Goubert (1990), no século XVIII estimava-se em 20 litros diários de água por pessoa para atender as suas necessidades básicas. No século XIX, esse valor chegou a 100 litros e, ao fim do século XX, essa estimativa variaria de 300 a 1.000 litros diários por habitante, dependendo, entre outros, do nível de desenvolvimento e do padrão cultural de cada país, além do porte da cidade e dos tipos de atividades econômicas exercidas (GOUBERT, 1990).

O consumo per capita de água pode variar de acordo com o porte da comunidade e do local em que esta inserida (Tabela 25). O nível de desenvolvimento e estilo de vida também influenciam o consumo, como exemplo, cita-se que em países desenvolvidos o consumo de água por habitante apresenta valores maiores quando comparados à países em desenvolvimento e países subdesenvolvidos. Entre outros fatores de influência também podem ser citados a sazonalidade, a atividade econômica dominante, o clima e o preço para a distribuição e fornecimento da água.

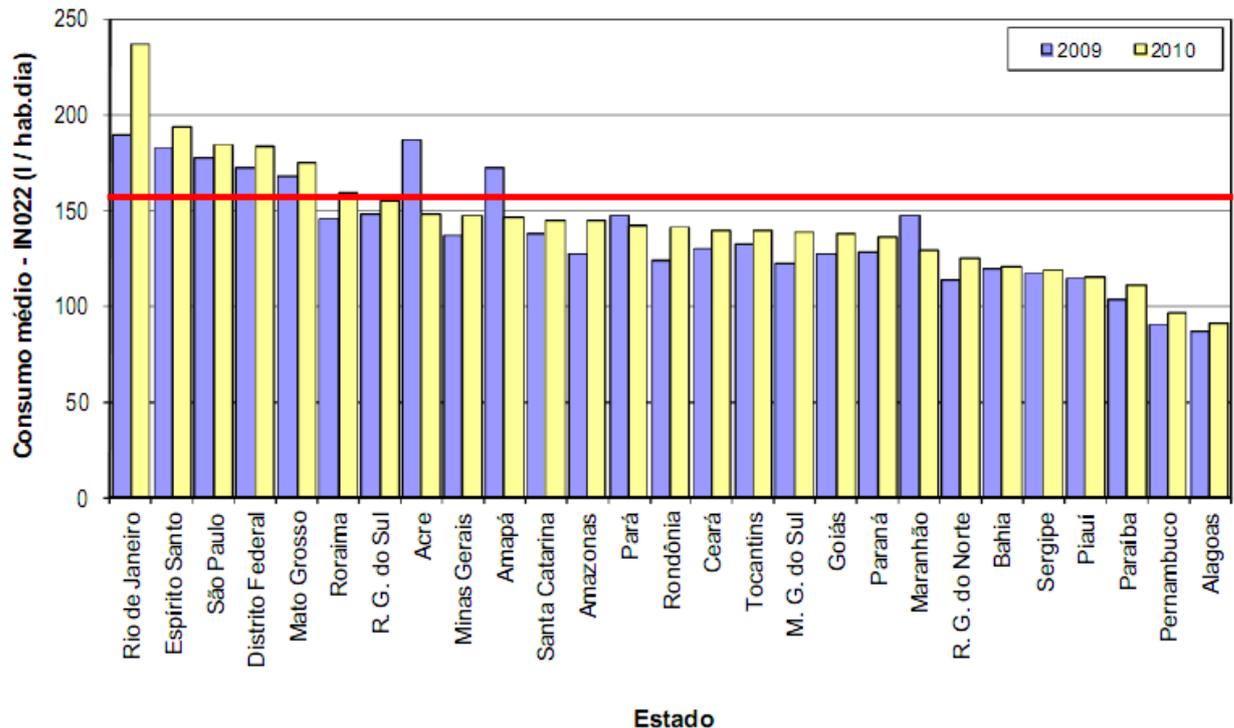
Tabela 25 – Faixas típicas do consumo per capita de água

<b>Porte da comunidade</b>	<b>Faixa da população (hab)</b>	<b>Consumo per capita (L/hab.d)</b>
<b>Povoado rural</b>	<5.000	90 – 140
<b>Vila</b>	5.000 - 10.000	100 - 160
<b>Pequena localidade</b>	10.000 - 50.000	110 - 180
<b>Cidade media</b>	50.000 - 250.000	120 - 220
<b>Cidade grande</b>	>250.000	150 – 300

Fonte: von Sperling, 2005

Com o crescimento populacional e econômico surgiram companhias e concessionárias responsáveis pela distribuição da água. A água distribuída deve atender a demanda requerida pelas comunidades assim como atender os padrões de potabilidade exigidos para água de consumo humano. Na Figura 21 ilustra-se o consumo diário médio de água por habitante nos estados brasileiros. De acordo com o que foi ressaltado previamente, verifica-se que os estados brasileiros mais desenvolvidos economicamente apresentam consumo médio maior. A média brasileira em 2010, representada pela linha vermelha, é de 159,0 L hab<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>. No mesmo ano, para os estados nos quais a bacia do rio Doce está inserida, as médias foram de 147,0 e 193,3 L hab<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>, para Minas Gerais e Espírito Santo, respectivamente.

Um importante problema que afeta as prestadoras de serviços de saneamento básico diz respeito às perdas de água que ocorrem nos sistemas de abastecimento urbano. Segundo Gomes (2009) “este problema tem se agravado ao longo do tempo por vários fatores: envelhecimento das instalações, expansões desordenadas dos sistemas urbanos de abastecimento, ausência de sistemas adequados de medição e problemas de gestão operacional”.



**Figura 21 – Consumo per capita médio de água nos estados brasileiros.**  
**Fonte SNIS (2012).**

Segundo Venturini et al. (2001), “a falta de planejamento e manutenção apropriados, associadas à escassez de recursos financeiros têm tornado deficientes os sistemas de abastecimento de água. Os sistemas, com o passar do tempo se deterioram de maneira natural ou acelerada, dando origem a problemas operacionais que provocam a diminuição da qualidade dos serviços prestados e aumento dos custos operacionais, os quais recairão sobre seus consumidores na forma de tarifas”.

Hirner et al., (1999) apud Venturini et al. (2001) afirmam que “a quantidade de água perdida é um importante indicador da eficiência de uma empresa de abastecimento, tanto em termos absolutos num dado momento, como em termos de tendência ao longo dos anos. Volumes de perda de água anuais altos e com tendência para aumentar, servem como indicador de ineficiência no planejamento e construção, bem como demonstram a deficiência em nível de manutenção e de operação do sistema.”

De acordo com Gomes (2009) “as perdas reais de água proporcionam inúmeros prejuízos ao sistema de abastecimento: desperdício de elementos químicos, de energia elétrica, de mão de obra, além de afetar a disponibilidade

hídrica dos mananciais. Estes prejuízos se traduzem diretamente em gastos desnecessários que oneram mais ainda o custo de produção da água. Por outro lado, as perdas não reais, correspondentes às vazões consumidas e que não são faturadas por problemas de gestão operacional, acarretam, também, prejuízos econômicos significativos às empresas de saneamento. As ações de combate às perdas de água e energia nos sistemas de abastecimento e de esgotamento sanitário são, atualmente, medidas imprescindíveis e inadiáveis para garantir a sustentação econômica da grande maioria das empresas de saneamento existentes no Brasil e no mundo”.

No Brasil, o valor médio de perdas na distribuição para todo o conjunto de prestadores de serviços foi de 38,8% no ano de 2010 (SNIS, 2012). A Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), sendo a maior concessionária presente na bacia do rio Doce, responsável por 54,6% do volume outorgado para fins de captação para abastecimento, apresenta perdas em torno de 33%, considerando-se todo o estado. Esse valor para as companhias menores presentes na bacia é de difícil estimativa, mas possivelmente, situado dentro da mesma faixa de 30~40%.

Existem algumas iniciativas que buscam minimizar essas perdas, como o projeto Com+Água do Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS) do Ministério das Cidades. Foram selecionados prestadores de serviço (dentre os quais o Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Viçosa, na bacia do rio Doce) nos quais, conforme suas características, o projeto se desenvolve com assistência técnica de uma equipe multidisciplinar de consultores.

As operadoras foram divididas em setores e cada grupo de servidores teve que cumprir objetivos e metas nos sub-projetos correspondentes aos seus respectivos setores. No caso do SAAE Viçosa, por exemplo, a maior perda de água se dava nos vazamentos ocasionados pelas altas pressões nos canos devido aos desníveis da topografia. Os técnicos do Com+Água orientaram para a colocação de válvulas redutoras de pressão, em alguns setores do sistema de distribuição. Outros pontos interessantes foram a instalação dos macromedidores, que trouxeram uma leitura da distribuição de água em várias regiões. As capacitações como, por exemplo, para operar os instrumentos e equipamentos de busca de vazamentos, trouxeram mais conhecimento para o corpo técnico. Um dos exemplos foi a

instalação de quadro de capacitores, setorizando as instalações elétricas. Assim se alcançou mais controle sobre os gastos de eletricidade (SAAE, 2011).

### 2.3.2.2. Uso racional de água em companhias de abastecimento

A fim de buscar soluções que incentivem as empresas a se tornarem mais eficientes, o estudo da eficiência é de fundamental importância para ajudar na escolha da conduta para as empresas prestadoras de serviços de saneamento básico e oferecer ao governo meios de regulamentar o setor. Vários métodos foram e continuam sendo propostos para esse fim. Como exemplos citam-se o próprio índice percentual de perdas na rede de distribuição e a análise envoltória de dados (DEA) aplicada à eficiência no uso das águas pelas companhias.

O Índice ANA de Uso Racional da Água (IARA), proposto há pouco tempo, é uma destacada forma de classificação dos empreendimentos prestadores de serviços de saneamento, de acordo com critérios de eficiência hídrica pré-definidos. A classificação objetiva representar as melhores e/ou piores práticas no gerenciamento de recursos hídricos na área de saneamento, beneficiando as companhias que apresentarem resultados positivos (COBRAPE, 2009, ANA, 2011).

O IARA se destaca pela simplicidade e baixo custo de planejamento e operação e a proposta é que ele seja adotado – em parte e com adaptações – na bacia do rio Doce. O índice será usado para os empreendimentos prestadores de serviços de saneamento cadastrados no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH).

A proposta inicial do IARA desenvolvida pela ANA é dividida em duas vertentes: o  $IARA_{\text{quantidade}}$  e o  $IARA_{\text{qualidade}}$ .

O  $IARA_{\text{quantidade}}$  é relacionado à captação da água, e tem como variáveis adotadas para seu estudo a existência de auto monitoramento da água bruta captada, com respectiva medição e informação via Declaração Anual de Uso de Recursos Hídricos – DAURH e vazão captada, com respectiva população atendida.

O índice também prevê o  $IARA_{\text{qualidade}}$ , que está relacionado ao lançamento de esgoto, cujas variáveis são a existência de auto-monitoramento de efluentes, com respectiva medição e informação via DAURH e a vazão de lançamento, com

respectiva carga poluidora lançada (apenas em termos de DBO) e população atendida.

O  $IARA_{Quantidade}$  é calculado de acordo com a seguinte equação:

$$IARA_{Quantidade} = (k_1 I_{AM}) + (k_2 I_{OUT\_Tab}) \quad (6)$$

em que:

$k_1$  = peso atribuído ao indicador  $I_{AM}$ , que assumirá valor 0,1;

$k_2$  = peso atribuído ao indicador  $I_{OUT\_Tab}$ , que assumirá valor 0,9;

$I_{AM}$  = indicador que considera a existência ou não de auto-monitoramento da água bruta captada no empreendimento, que será igual a 10 quando as vazões captadas forem efetivamente medidas e informadas anualmente via DAURH, e 0 nos demais casos;

$I_{OUT\_Tab}$  = indicador que relaciona a vazão captada e a população atendida do empreendimento, e será dado por:

$$I_{OUT\_Calc} = \frac{(P_{CAP} - P_{CAP-R})}{100P_{CAP-R}} \quad (7)$$

em que:

$P_{CAP}$  = valor per capita de captação de água bruta do empreendimento, em  $L \text{ hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , dado por:

$$P_{CAP} = \left( \frac{Q_{CAP}}{POP_{AT}} \right) 86400 \quad (8)$$

em que:

$Q_{CAP}$  = vazão de captação do empreendimento, em  $L \text{ s}^{-1}$ ;

$POP_{AT}$  = população atendida pelo empreendimento.

$P_{CAP-R}$  = valor per capita de captação de referência, em  $L \text{ hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , conforme a Tabela 26.

Tabela 26 – Valores per capita admissíveis para captação de água

<b>Faixa de População do Município</b>	<b>P<sub>CAP-R</sub> (L hab<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>)</b>
0 a 5.000 hab	202
5.000 a 35.000 hab	217
35.000 a 75.000 hab	242
75.000 a 250.000 hab	239
250.000 a 500.000 hab	239
+ de 500.000 hab	266

Fonte: ANA, 2010

Os valores obtidos para I<sub>OUT</sub> serão convertidos conforme pontuação da Tabela 27:

 Tabela 27 – Pontuação fornecida com base no valor de I<sub>OUT\_Calc</sub>

<b>I<sub>OUT_Calc</sub></b>	<b>I<sub>OUT_Tab</sub></b>
< -80,1	10
-80 a -60,1	10
-60 a -40,1	9
-40 a -20,1	8
-20 a 0	7
0,1 a +20	6
+20,1 a +40	4
+40,1 a +60	2
+60,1 a +80	0
> +80,1	0

Fonte: ANA (2011)

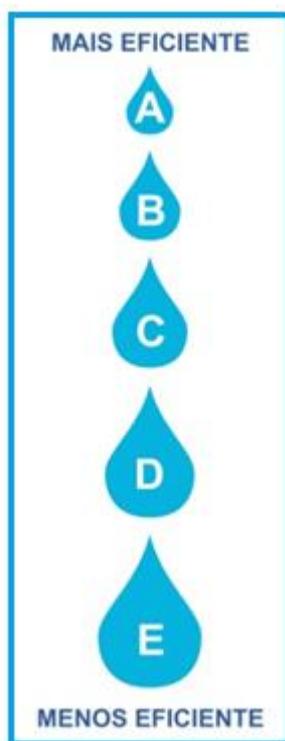
Como resultado, os empreendimentos prestadores de serviços de saneamento serão classificados em uma escala que vai de A (mais eficiente) a E (menos eficiente), conforme demonstra a Tabela 28.

 Tabela 28 – Classificação dos empreendimentos em IARA<sub>Quantidade</sub> com base na pontuação recebida

<b>Categorias do IARA<sub>Quantidade</sub></b>
entre 8 e 10 = A
entre 6 e 8 = B
entre 4 e 6 = C
entre 2 e 4 = D
entre 0 e 2 = E

Fonte: ANA (2011)

À classificação dos empreendimentos nas categorias descritas será atribuída uma identidade visual de eficiência hídrica, como mostrado na Figura 22.



**Figura 22 – Identidade visual para as classes de Índice de Uso Racional da Água.**  
Fonte: ANA, 2011.

O cálculo do  $IARA_{Quantidade}$  deve ser revisto periodicamente, para permitir e estimular a melhoria contínua da eficiência hídrica dos empreendimentos prestadores de serviços de saneamento.

Os cálculos devem ter atenção especial para os empreendimentos de saneamento que utilizam águas de mais de um domínio. Desta forma, deverá ser averiguada a viabilidade ou não do  $IARA_{Quantidade}$  para o empreendimento em questão. O mesmo raciocínio para os empreendimentos em municípios de dupla concessão (onde parte do saneamento do município é atendida por companhia estadual e parte por serviço municipal).

### 2.3.2.3. Uso do IARA na definição do coeficiente de boas práticas

A escolha do uso do  $IARA_{Quantidade}$  na proposta sobre considerar as boas práticas no setor de saneamento foi baseada nos seguintes fatores: (a) os coeficientes devem estar relacionados ao uso racional do volume comprometido, em comparação com parâmetros de consumo pré-estabelecidos, (b) tais instrumentos devem ser vistos como fatores de incentivo à racionalização e não como punições e (c) a chamada duplicidade ou multiplicidade de benefícios deve ser evitada.

Propõe-se que os níveis de  $IARA_{Quantidade}$  sejam relacionados a um multiplicador  $K_t$ , que poderá variar de 0,700 a 1,000, aplicado no valor a ser cobrado pela captação de água por parte dos empreendimentos de saneamento, sendo que, dessa maneira, estes poderão ser beneficiados caso estejam fazendo o uso racional da água. Na Tabela 29 a seguir especifica-se o valor de  $K_t$  estabelecido para cada classe IARA.

Tabela 29 – Valor  $K_t$  proposto para cada classe IARA

Classificação IARA	$K_t$
A	0,700
B	0,775
C	0,850
D	0,925
E	1,000

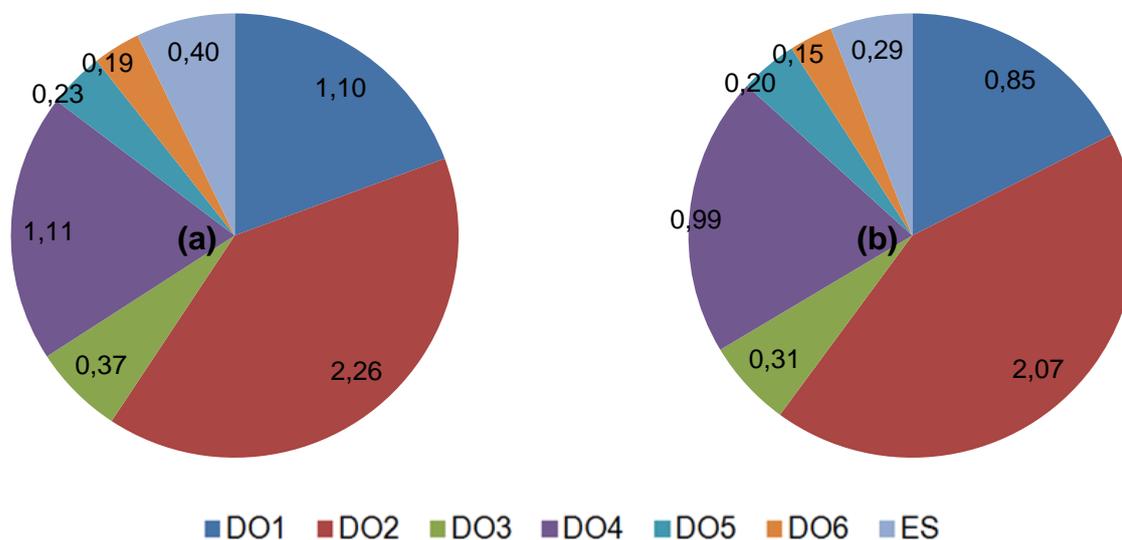
Como já ressaltado anteriormente, o coeficiente  $K_t$  faz parte do cálculo do preço a ser cobrado pelo uso da água na bacia do rio Doce, de acordo com a equação 1 previamente apresentada. O  $K_{cap}$  presente na equação de cobrança, relacionado à classe do corpo hídrico onde há a captação, tem valor igual à unidade, até que o Conselho Nacional de Recursos Hídricos referende o enquadramento dos trechos dos rios da bacia.

### 2.3.2.4. Simulações

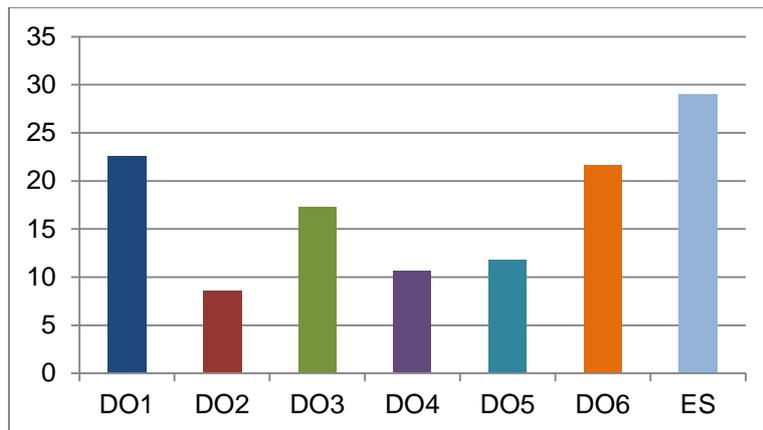
Foram feitas simulações com uso dos critérios do  $IARA_{quantidade}$ , atribuindo um determinado  $K_t$  para cada classe de uso racional estabelecida, variando de 0,700

(mais eficiente) a 1,000 (menos eficiente) de forma a beneficiar as companhias que fazem melhor uso da água, de maneira mais racional, e incentivar a melhoria da eficiência dos sistemas de captação e distribuição.

Na Figura 21 estão apresentadas as arrecadações anuais – em milhões de reais – em cada Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) considerando as outorgas e valores (0,021 R\$ m<sup>-3</sup>) atuais (a) e os valores obtidos após o desconto devido ao melhor uso da água (b). Com os resultados obtidos pode-se observar uma redução de 14,3% no valor total anual da arrecadação, sendo que no estado do Espírito Santo, como mostra a Figura 22, obteve-se o maior percentual de redução – quase 30%, e a UPGRH Piracicaba, o menor – menos de 10%. Registra-se que apenas 3 concessionárias do estado do Espírito Santo estão presentes no cadastro, e que essas cidades (Baixo Guandu, Colatina e Linhares) apresentam um bom índice, concorrendo para o elevado percentual observado. Em relação à UPGRH DO2, verifica-se a concentração de grandes cidades, nas quais a melhoria dos índices demanda tempo e esforços maiores.



**Figura 23 – Arrecadação anual (em milhões de reais) na bacia do rio Doce, devido à captação de água pelas companhias de abastecimento: simulação da situação de acordo com as outorgas atuais (a) e valores a serem obtidos após o desconto pelo uso racional da água (b).**



**Figura 24 – Reduções percentuais simuladas na arrecadação devido à captação de água pelas companhias de abastecimento.**

Vale ressaltar que esses descontos, no futuro, podem ser superiores, caso as companhias de abastecimento tornem seus sistemas de captação e distribuição mais eficientes e incentivem a população atendida a reduzir os gastos e desperdícios, com boas práticas de uso em todo o sistema.

### 2.3.3. Irrigação

A irrigação constitui o principal usuário de recursos hídricos, representando, tanto em nível nacional como mundial, cerca de 70% do uso total de água. A comparação da agricultura irrigada no Brasil com o cenário internacional mostra o enorme potencial de expansão da atividade no País. No cenário mundial, 44% do total da produção de alimentos provêm de apenas 18% de área irrigada, os demais 56% da produção são provenientes de métodos tradicionais de agricultura sem irrigação, que ocupam 82% da área colhida. No Brasil, apenas 5% da área colhida é irrigada, o que corresponde a 16% do total da produção de alimentos (BRASIL, 2011).

Além da grande quantidade de água utilizada pela irrigação, o seu uso neste segmento ainda apresenta características que o diferenciam dos demais. O uso da água pela irrigação apresenta um comportamento não linear ao longo do ano, havendo aumento expressivo na demanda exatamente nos períodos mais secos do ano, nos quais o déficit hídrico é maior.

Também é importante salientar que as perdas ocorridas na irrigação, mais especificamente por percolação, mesmo não caracterizando perda quantitativa efetiva de água para o sistema, uma vez que boa parte da água retorna para a bacia, acabam por produzir um prejuízo efetivo. Tal perda ocorre no período de menor disponibilidade, enquanto o retorno acontece em períodos quando a disponibilidade de água já não é tão crítica, comportamento oposto ao associado às práticas conservacionistas, em que a infiltração ocorre nos períodos de maior disponibilidade hídrica, favorecendo o aumento de disponibilidade nos períodos de estiagem.

A baixa eficiência do uso da água, típica em sistemas agrícolas (as culturas consomem uma elevada quantidade de água para a produção de matéria seca) associa-se à carência de um manejo racional, voltado às características edafoclimáticas e fenológicas das culturas irrigadas. Somada a essa pequena conversão de água está a baixa eficiência apresentada em muitos dos sistemas de irrigação implantados no Brasil.

Em algumas bacias, após a implantação de projetos de irrigação sem a prévia quantificação do volume de água possível de ser usado, está faltando água para as áreas situadas a jusante, chegando ao extremo da falta d'água para consumo humano, animal e da fauna silvestre, causando, com isso, sérios impactos ambientais nessas regiões e conflitos entre os envolvidos.

Ramos e Pruski (2003), em estudo desenvolvido no Projeto Global Environment Facility (GEF) São Francisco, em que foi feita a avaliação de 55 projetos de irrigação ao longo da Bacia, evidenciaram que, em 39,4% das avaliações feitas em sistemas de irrigação localizada, houve aplicação de água em excesso. A eficiência de aplicação média foi de 79%, abaixo do valor de 85%, considerado excelente para este tipo de irrigação. Foram evidenciados dois valores inferiores a 20%, sendo um destes, inclusive, inferior a 5%. Para os sistemas de irrigação por aspersão os valores variaram de 41% a 86%, com média de 71,5%, abaixo do valor de 80%, considerado excelente para os sistemas de irrigação por aspersão. Esses resultados mostram a potencialidade que apresenta o uso de práticas adequadas de manejo da irrigação na economia de água por este segmento.

A análise das outorgas emitidas pelo IGAM para fins de irrigação indica consumos unitários variando de  $0,2 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  a  $2 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ , com valores, em geral,

com uma ordem de grandeza de  $1 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ . Entretanto, os valores estimados para o consumo unitário para fins de irrigação obtidos no Digicob, com base na vazão e na área total irrigada estimadas são da ordem de  $0,16 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  para o Estado do Espírito Santo e de  $0,13 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  para o Estado de Minas Gerais, e, portanto, muito inferiores aos valores normalmente utilizados como base de referência para a concessão de outorgas, da ordem de  $1 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ .

Baseado nesta diferença de estimativas de consumos unitários pela irrigação se desenvolveu um procedimento que pudesse representar melhor o consumo unitário mensal, sendo que, para o cálculo deste consumo, foi utilizada a seguinte equação:

$$q_{u,i} = \left( \frac{K_c ET_0 - P_{ef}}{E_a} \right) \frac{NHD}{NTHFP} \frac{1}{259,2} \quad (9)$$

em que:

$q_{u,i}$  = vazão unitária considerada como necessária para a cultura de interesse no mês  $i$ ,  $\text{L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ;

$K_c$  = coeficiente da cultura, adimensional;

$ET_0$  = evapotranspiração de referência mensal, mm;

$P_{ef}$  = precipitação efetiva mensal, mm;

$E_a$  = eficiência de aplicação, adimensional; e

$NHD/ NTHFP$  = número de horas no dia/ número de horas fora do horário de ponta para a tarifação da energia elétrica.

### **2.3.3.1. Cálculo do consumo unitário considerado como base de referência para o mês $i$ ( $q_{u,i}$ )**

A determinação de cada um dos parâmetros da equação foi realizada conforme as metodologias descritas na sequência.

### 2.3.3.1.1. Evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>)

A estimativa da ET<sub>0</sub> foi feita com base no método de Penman-Monteith FAO, descrito por ALLEN et al. (1998), e expresso pela equação

$$ET_0 = \frac{0,408 s (R_n - G) + y \left( \frac{900}{T + 273} \right) U_2 (e_s - e_a)}{s + y (1 + 0,34 U_2)} \quad (10)$$

em que:

ET<sub>0</sub> = evapotranspiração de referência, mm d<sup>-1</sup>;

s = declividade da curva de pressão de vapor à temperatura do ar, kPa °C<sup>-1</sup>;

R<sub>n</sub> = saldo de radiação, MJ m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>;

G = fluxo de calor no solo, MJ m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>;

y = constante psicrométrica, kPa °C<sup>-1</sup>;

T = temperatura média, °C;

U<sub>2</sub> = velocidade do vento a 2 m, m s<sup>-1</sup>;

e<sub>s</sub> = pressão de saturação de vapor d'água à temperatura do ar, kPa; e

e<sub>a</sub> = pressão real de vapor da água, kPa.

A equação de Penman-Monteith FAO determina a evapotranspiração da superfície de referência da grama hipotética e fornece um padrão para o qual a evapotranspiração em períodos diferentes do ano ou em outras regiões pode ser comparado com a evapotranspiração de outras culturas.

### 2.3.3.1.2. Coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>)

Para a determinação do K<sub>c</sub> foram consideradas as principais culturas irrigadas da bacia, sendo, de acordo com a Nota Técnica nº 048/2011/SAG-ANA, o café (robusta e arábica) e o mamão as principais culturas irrigadas permanentes e a cana-de-açúcar, feijão, milho e batata as principais culturas irrigadas temporárias.

Os coeficientes de cultura em cada estágio de desenvolvimento das culturas foram obtidos na publicação da FAO 56 (ALLEN et al., 1998). Neste caso, foram selecionados os valores de  $K_c$  correspondentes à fase de desenvolvimento das culturas (Tabela 30), sendo utilizado o maior valor de  $K_c$  dentre as culturas permanentes predominantes na bacia e o maior dentre as principais culturas temporárias.

Tabela 30 – Maior valor de  $K_c$  para as principais culturas irrigadas na bacia do rio Doce

<b>Culturas Permanentes</b>	<b>Coeficiente da cultura (<math>K_c</math>)</b>
Café Robusta/ Arábica	1,10*
Mamão	0,91
<b>Culturas Temporárias</b>	<b>Coeficiente da cultura (<math>K_c</math>)</b>
Cana-de-açúcar	1,25**
Feijão	1,15
Milho	1,20
Batata	1,15

\*Valor de  $K_c$  utilizado para as culturas permanentes

\*\*Valor de  $K_c$  utilizado para as culturas temporárias

Uma vez calculados os valores de  $K_c$  e  $ET_0$ , o produto destes permitiu a obtenção dos valores de evapotranspiração real da cultura ( $ET_c$ ). Os valores de  $ET_c$  para as culturas permanentes e temporárias (sendo utilizados os  $K_c$ 's do café e da cana-de-açúcar para representá-las, respectivamente) são apresentados nas Tabelas 31 e 32.

Tabela 31 – Valores de  $ET_c$  para a estimativa das demandas das culturas permanentes irrigadas na bacia do rio Doce

	<b>Etc – Culturas permanentes (mm/mês)</b>											
	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
<b>DO1</b>	139,52	127,17	126,57	102,29	84,08	68,79	76,33	95,18	105,77	118,40	122,72	127,85
<b>DO2</b>	135,04	122,65	124,81	102,01	84,40	70,25	76,53	95,34	106,72	118,21	120,54	125,23
<b>DO3</b>	137,94	125,70	127,93	103,33	86,18	71,76	78,92	98,48	110,95	121,87	123,36	128,76
<b>DO4</b>	144,65	132,46	132,77	106,66	88,90	74,13	79,99	98,78	109,31	120,90	122,26	131,47
<b>DO5</b>	143,98	132,46	131,95	104,60	85,62	70,38	76,98	95,63	108,60	120,95	124,06	132,56
<b>DO6</b>	148,73	136,23	134,86	106,69	87,99	72,35	78,31	96,69	108,93	121,12	125,36	134,55
<b>DO-ES</b>	159,40	144,43	141,23	113,64	95,33	78,73	82,72	100,48	107,52	121,58	127,12	140,55

Tabela 32 – Valores de  $ET_c$  para a estimativa das demandas das culturas temporárias irrigadas na bacia do rio Doce

Etc – Culturas temporárias (mm/mês)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>DO1</b>	158,55	144,51	143,83	116,24	95,55	78,18	86,73	108,16	120,19	134,55	139,46	145,29
<b>DO2</b>	153,45	139,37	141,83	115,92	95,91	79,82	86,96	108,34	121,27	134,33	136,98	142,30
<b>DO3</b>	156,76	142,84	145,37	117,42	97,94	81,54	89,68	111,91	126,08	138,49	140,18	146,32
<b>DO4</b>	164,38	150,52	150,87	121,20	101,02	84,24	90,89	112,25	124,22	137,38	138,93	149,40
<b>DO5</b>	163,61	150,52	149,95	118,86	97,29	79,98	87,48	108,67	123,41	137,45	140,98	150,64
<b>DO6</b>	169,01	154,81	153,25	121,24	99,99	82,21	88,99	109,88	123,78	137,64	142,45	152,90
<b>DO-ES</b>	181,14	164,12	160,49	129,14	108,33	89,47	94,00	114,18	122,18	138,15	144,45	159,72

### 2.3.3.1.3. Precipitação efetiva ( $P_{ef}$ )

A precipitação efetiva em estudos na área de irrigação corresponde à parcela da precipitação utilizada pela cultura para atender a sua demanda evapotranspirométrica, sendo que para o seu cálculo foi utilizado o método desenvolvido pelo United States Department of Agriculture, contido na publicação da FAO 24 (DOORENBOS e PRUITT, 1977). Esse método estima a precipitação efetiva média mensal em função dos valores da precipitação média mensal, da evapotranspiração de referência mensal da cultura e da capacidade total de água no solo. Considerou-se a capacidade total de água no solo igual a 75 mm, por ser este o valor de base para o cálculo da precipitação efetiva por esse método.

Considerando os valores médios mensais de evapotranspiração e de precipitação foi realizada uma interpolação para a obtenção dos valores da precipitação efetiva mensal. Na Tabela 33 são apresentados os valores mensais de precipitação para todas as UPGRH's da bacia do rio Doce e nas Tabelas 34 e 35 são apresentados os valores estimados de precipitação efetiva para as culturas permanentes e temporárias, respectivamente.

**Tabela 33 – Valores mensais de precipitação para todas as UPGRH’s da bacia do rio Doce**

	<b>Precipitação (mm/mês)</b>											
	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
<b>DO1</b>	246,16	140,36	142,45	62,23	37,07	13,47	13,94	18,20	56,04	99,56	202,20	254,50
<b>DO2</b>	262,13	146,56	146,71	61,90	34,59	12,47	12,14	15,53	48,01	89,38	214,88	273,97
<b>DO3</b>	239,33	143,19	148,08	69,40	32,13	12,04	11,37	14,50	40,86	92,84	228,76	276,48
<b>DO4</b>	195,29	111,05	123,63	52,83	28,72	13,41	14,21	16,08	34,87	89,98	199,95	230,70
<b>DO5</b>	188,12	106,09	116,07	53,67	28,37	13,68	10,32	15,85	35,91	79,85	193,27	226,27
<b>DO6</b>	200,46	104,28	126,37	58,61	32,91	14,57	11,53	18,16	39,58	85,74	189,10	229,55
<b>DO-ES</b>	182,33	98,48	124,90	62,55	39,65	23,81	28,04	29,59	42,82	91,89	182,39	208,52

**Tabela 34 – Valores mensais de precipitação efetiva para todas as UPGRH’s da bacia do rio Doce considerando as culturas permanentes**

	<b>Precipitação efetiva – Culturas Permanentes (mm/mês)</b>											
	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
<b>DO1</b>	139,52	93,83	94,71	43,10	27,06	9,45	10,04	13,47	39,44	68,67	122,72	127,85
<b>DO2</b>	135,04	95,94	96,39	42,85	25,28	8,79	8,74	11,38	34,43	62,35	120,54	125,23
<b>DO3</b>	137,94	94,88	97,76	48,29	23,58	8,54	8,18	10,59	30,76	64,99	123,36	128,76
<b>DO4</b>	129,24	76,76	85,29	37,40	21,23	9,62	10,26	11,85	26,77	63,06	122,26	131,47
<b>DO5</b>	125,61	74,26	79,88	37,77	20,85	9,67	7,42	11,64	27,50	56,72	122,51	132,56
<b>DO6</b>	133,00	74,00	87,39	41,23	24,22	10,39	8,29	13,47	29,88	60,43	120,87	134,55
<b>DO-ES</b>	126,32	72,13	87,53	44,67	29,02	17,28	20,49	22,33	31,58	64,35	118,82	140,55

**Tabela 35 – Valores mensais de precipitação efetiva para todas as UPGRH’s da bacia do rio Doce considerando as culturas temporárias**

	<b>Precipitação efetiva – Culturas Temporárias (mm/mês)</b>											
	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
<b>DO1</b>	158,55	97,45	98,44	44,76	27,52	9,70	10,09	13,89	40,87	71,24	130,61	145,29
<b>DO2</b>	153,45	99,64	100,28	44,50	25,74	8,98	8,73	11,75	35,59	64,70	135,36	142,30
<b>DO3</b>	154,89	98,62	101,84	49,67	24,05	8,66	8,14	11,08	31,94	67,58	140,18	146,32
<b>DO4</b>	135,12	80,29	88,33	38,70	21,73	9,68	10,32	12,35	27,84	65,57	129,44	149,40
<b>DO5</b>	131,14	77,50	83,27	39,08	21,32	9,87	7,34	12,03	28,61	58,79	127,08	145,87
<b>DO6</b>	139,33	77,23	90,66	42,79	24,70	10,54	8,26	13,92	31,07	62,83	125,62	148,39
<b>DO-ES</b>	132,66	75,22	91,45	46,53	29,87	17,67	20,95	23,08	32,75	66,91	122,54	140,46

#### **2.3.3.1.4. Eficiência de aplicação ( $E_a$ )**

Para cada tipo de cultura foi associado o método de irrigação de uso mais frequente, sendo o método de irrigação por aspersão associado às culturas

temporárias e o de irrigação localizada às culturas permanentes. Considerando os valores recomendados por Frizzone et al. (2012), Bernardo et al. (2009) e Rodriguez et al. (2007), foi adotada uma eficiência de aplicação de 0,70 para a irrigação por aspersão e de 0,80 para a irrigação localizada.

Portanto, a metodologia proposta neste trabalho é aplicável somente para culturas irrigadas por aspersão ou irrigação localizada, não sendo recomendável o seu uso no caso de culturas irrigadas por inundação.

#### **2.3.3.1.5. Fator de proporcionalidade relativo às horas do dia em que é realizado o bombeamento da água (NHD/ NHFP)**

Os postos tarifários segregam o dia em períodos que resultam em tarifas diferenciadas. Exceto aos sábados, domingos e feriados nacionais, há o que é caracterizado como tarifas de Ponta e Intermediária. A tarifa de ponta corresponde ao período de 3 horas consecutivas diárias, das 18:00 às 20:00, e a Intermediária corresponde ao período formado pela hora imediatamente anterior e a hora imediatamente posterior ao período de ponta, totalizando 2 horas; 17:00 e 21:00. Logo, a tarifa diferenciada recairia sobre o período fora de ponta, ou seja, de 17:00 às 21:00, sendo NHD/ NHFP igual a 24/19.

#### **2.3.3.1.6. Consumo unitário considerado como base de referência para o mês $i$ ( $q_{u,i}$ )**

Diante do exposto foi realizada a estimativa do consumo unitário considerado necessário para a cultura de interesse para todos os meses do ano e para todas as UPGRH's. Nas Tabelas 36 e 37 são apresentados os valores de  $q_{u,i}$  para as culturas permanentes e temporárias, respectivamente.

Tabela 36 – Valores mensais de  $q_{u,i}$  para todas as UPGRH's da bacia do rio Doce considerando as culturas permanentes

	$q_{u,i}$ – Culturas Permanentes ( $L s^{-1} ha^{-1}$ )											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
DO1	0,00	0,22	0,19	0,36	0,34	0,36	0,39	0,48	0,40	0,29	0,00	0,00
DO2	0,00	0,17	0,17	0,36	0,35	0,37	0,40	0,49	0,44	0,33	0,00	0,00
DO3	0,00	0,20	0,18	0,34	0,37	0,39	0,42	0,52	0,49	0,34	0,00	0,00
DO4	0,09	0,36	0,28	0,42	0,40	0,39	0,41	0,51	0,50	0,34	0,00	0,00
DO5	0,11	0,38	0,31	0,41	0,38	0,37	0,41	0,50	0,49	0,38	0,01	0,00
DO6	0,09	0,41	0,28	0,40	0,38	0,38	0,41	0,49	0,48	0,36	0,03	0,00
DO-ES	0,20	0,47	0,32	0,42	0,39	0,37	0,37	0,46	0,46	0,34	0,05	0,00

Tabela 37 – Valores mensais de  $q_{u,i}$  para todas as UPGRH's da bacia do rio Doce considerando as culturas temporárias

	$q_{u,i}$ – Culturas Temporárias ( $L s^{-1} ha^{-1}$ )											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
DO1	0,00	0,35	0,31	0,50	0,46	0,48	0,52	0,64	0,55	0,43	0,06	0,00
DO2	0,00	0,30	0,28	0,50	0,47	0,49	0,53	0,65	0,60	0,47	0,01	0,00
DO3	0,01	0,33	0,29	0,47	0,50	0,51	0,55	0,68	0,66	0,48	0,00	0,00
DO4	0,20	0,52	0,42	0,57	0,53	0,52	0,54	0,67	0,67	0,48	0,07	0,00
DO5	0,22	0,54	0,45	0,56	0,51	0,49	0,54	0,65	0,66	0,53	0,10	0,03
DO6	0,20	0,58	0,42	0,55	0,51	0,50	0,54	0,65	0,65	0,50	0,12	0,03
DO-ES	0,33	0,66	0,47	0,58	0,53	0,50	0,49	0,61	0,62	0,48	0,15	0,13

### 2.3.3.2. Fator de uso da Irrigação ( $F_{ui}$ )

O aumento da eficiência do uso da água pela irrigação deve merecer atenção especial. Esta meta deve ser buscada não só pelo emprego de práticas adequadas de manejo de irrigação, mas também pela utilização de medidas que permitam maximizar o aproveitamento da água em locais onde esta seja o fator restritivo à produção agrícola. Dessa forma, buscou-se a implementação de um fator de uso da irrigação que considere o  $q_{u,i}$  como base de referência para caracterizar a quantidade de água a ser efetivamente suprida pela irrigação, sendo, portanto, um incentivo ao aumento da eficiência do uso da água.

O fator de uso da irrigação é definido de acordo com a equação 3 e constitui um fator de incentivo ao uso de boas práticas de uso da água na agricultura irrigada.

$$F_{ui} = \frac{q_{out,i}}{q_{u,i(tab)}} \quad (11)$$

em que:

$q_{out,i}$  = vazão unitária outorgada para o uso para irrigação no mês  $i$ ,  $L s^{-1} ha^{-1}$ ;

e

$q_{u,i(tab)}$  = vazão unitária tabelada com base na demanda necessária para a cultura de interesse no mês  $i$ ,  $L s^{-1} ha^{-1}$ .

Considerando os valores de  $q_{u,i}$  apresentados nas Tabelas 36 e 37 e, também, o fato de que os meses com menores valores de  $q_{u,i}$  são, também, aqueles em que há maior disponibilidade de recursos hídricos se optou pela utilização de valores mínimos pré-fixados de  $q_{u,i}$  de  $0,40 L s^{-1} ha^{-1}$  para captações de água superficial e de  $0,20 L s^{-1} ha^{-1}$  para captações de água subterrânea. Assim sendo, em todos os meses em que  $q_{u,i}$  foi menor do que esses valores se estabeleceu como valores de  $q_{u,i(tab)}$  (Tabelas 9 a 12) os valores mínimos pré-fixados. Tal imposição está baseada no fato de que não há necessidade de uma restrição severa para o uso da água nos meses em que há uma disponibilidade considerável dos recursos hídricos. A imposição de um limite mais baixo para as captações subterrâneas decorre do reconhecimento desta fonte de água como um recurso estratégico em relação às águas superficiais.

Tabela 38 – Valores mensais de  $q_{u,i(tab)}$  para todas as UPGRH's da bacia do rio Doce considerando as culturas permanentes e captação superficial

	$q_{u,i(tab)}$ – Culturas Permanentes ( $L s^{-1} ha^{-1}$ )					Captação Superficial (0,4)						
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
<b>DO1</b>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,48	0,40	0,40	0,40	0,40
<b>DO2</b>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,49	0,44	0,40	0,40	0,40
<b>DO3</b>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,42	0,52	0,49	0,40	0,40	0,40
<b>DO4</b>	0,40	0,40	0,40	0,42	0,40	0,40	0,41	0,51	0,50	0,40	0,40	0,40
<b>DO5</b>	0,40	0,40	0,40	0,41	0,40	0,40	0,41	0,50	0,49	0,40	0,40	0,40
<b>DO6</b>	0,40	0,41	0,40	0,40	0,40	0,40	0,41	0,49	0,48	0,40	0,40	0,40
<b>DO-ES</b>	0,40	0,47	0,40	0,42	0,40	0,40	0,40	0,46	0,46	0,40	0,40	0,40

Tabela 39 – Valores mensais de  $q_{u,i(tab)}$  para todas as UPGRH's da bacia do rio Doce considerando as culturas permanentes e captação subterrânea

	$q_{u,i(tab)}$ – Culturas Permanentes ( $L s^{-1} ha^{-1}$ )						Captação Subterrânea (0,2)					
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
DO1	0,20	0,22	0,20	0,36	0,34	0,36	0,39	0,48	0,40	0,29	0,20	0,20
DO2	0,20	0,20	0,20	0,36	0,35	0,37	0,40	0,49	0,44	0,33	0,20	0,20
DO3	0,20	0,20	0,20	0,34	0,37	0,39	0,42	0,52	0,49	0,34	0,20	0,20
DO4	0,20	0,36	0,28	0,42	0,40	0,39	0,41	0,51	0,50	0,34	0,20	0,20
DO5	0,20	0,38	0,31	0,41	0,38	0,37	0,41	0,50	0,49	0,38	0,20	0,20
DO6	0,20	0,41	0,28	0,40	0,38	0,38	0,41	0,49	0,48	0,36	0,20	0,20
DO-ES	0,20	0,47	0,32	0,42	0,39	0,37	0,37	0,46	0,46	0,34	0,20	0,20

Tabela 40 – Valores mensais de  $q_{u,i(tab)}$  para todas as UPGRH's da bacia do rio Doce considerando as culturas temporárias e captação superficial

	$q_{u,i(tab)}$ – Culturas Temporárias ( $L s^{-1} ha^{-1}$ )						Captação Superficial (0,4)					
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
DO1	0,40	0,40	0,40	0,50	0,46	0,48	0,52	0,64	0,55	0,43	0,40	0,40
DO2	0,40	0,40	0,40	0,50	0,47	0,49	0,53	0,65	0,60	0,47	0,40	0,40
DO3	0,40	0,40	0,40	0,47	0,50	0,51	0,55	0,68	0,66	0,48	0,40	0,40
DO4	0,40	0,52	0,42	0,57	0,53	0,52	0,54	0,67	0,67	0,48	0,40	0,40
DO5	0,40	0,54	0,45	0,56	0,51	0,49	0,54	0,65	0,66	0,53	0,40	0,40
DO6	0,40	0,58	0,42	0,55	0,51	0,50	0,54	0,65	0,65	0,50	0,40	0,40
DO-ES	0,40	0,66	0,47	0,58	0,53	0,50	0,49	0,61	0,62	0,48	0,40	0,40

Tabela 41– Valores mensais de  $q_{u,i(tab)}$  para todas as UPGRH's da bacia do rio Doce considerando as culturas temporárias e captação subterrânea

	$q_{u,i(tab)}$ – Culturas Temporárias ( $L s^{-1} ha^{-1}$ )						Captação Subterrânea (0,2)					
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
DO1	0,20	0,35	0,31	0,50	0,46	0,48	0,52	0,64	0,55	0,43	0,20	0,20
DO2	0,20	0,30	0,28	0,50	0,47	0,49	0,53	0,65	0,60	0,47	0,20	0,20
DO3	0,20	0,33	0,29	0,47	0,50	0,51	0,55	0,68	0,66	0,48	0,20	0,20
DO4	0,20	0,52	0,42	0,57	0,53	0,52	0,54	0,67	0,67	0,48	0,20	0,20
DO5	0,22	0,54	0,45	0,56	0,51	0,49	0,54	0,65	0,66	0,53	0,20	0,20
DO6	0,20	0,58	0,42	0,55	0,51	0,50	0,54	0,65	0,65	0,50	0,20	0,20
DO-ES	0,33	0,66	0,47	0,58	0,53	0,50	0,49	0,61	0,62	0,48	0,20	0,20

O fator de uso da irrigação foi inserido como fator multiplicador na equação que estima o valor anual de cobrança pelo uso da água, de acordo com a **DELIBERAÇÃO CBH-DOCE Nº 26, DE 31 DE MARÇO DE 2011**, passando o valor anual de cobrança a ser estimado pela equação:

$$\text{Valor}_{\text{irrig}} = \sum_{i=1}^{12} \left[ (q_{\text{out}, i} \cdot 10^{-3} \text{ NSi}_{\text{ui}} \text{ A}_{\text{irrig}}) F_{\text{ui}} \right] \text{ PPU}_{\text{cap}} \text{ K}_{\text{cap}} \quad (12)$$

em que:

$\text{Valor}_{\text{irrig}}$  = valor anual de cobrança pela captação de água pela irrigação, R\$/ano;

$\text{NSi}_{\text{ui}}$  = número de segundos de uso da irrigação no mês  $i$ , s; e

$\text{A}_{\text{irrig}}$  = área irrigada, ha.

### 2.3.3.3. Simulação

Para efeito de comparação foram realizadas três simulações da estimativa do valor anual de cobrança pela captação de água pela irrigação. Na primeira foram considerados os valores de vazão demandada pela irrigação estimados pelo PIRH, sem a consideração do  $F_{\text{ui}}$ ; na segunda foi considerado o consumo unitário normalmente utilizado como base de referência para a irrigação, igual a  $1 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ , também sem a consideração do  $F_{\text{ui}}$ ; e na terceira foram considerados os consumos unitários estimados pela metodologia proposta, inclusive com a consideração do  $F_{\text{ui}}$ . Em todos os casos o  $\text{K}_{\text{cap classe}}$  foi considerado o correspondente à classe 2 e igual a 1.

#### Simulação 1 – PIRH

Com base nos valores de vazão demandada pela irrigação estimados pelo PIRH e considerando um valor de PPU de captação de  $0,021 \text{ R\$/m}^3$  (valor de PPU estabelecido para captação de água superficial na bacia no ano de 2013, segundo a Deliberação CBH-DOCE nº 26, de 31 de março de 2011) e os valores de  $\text{K}_t$  estimados pela metodologia proposta no presente relatório para cada UPGRH (item  $\text{K}_t$ ), se teria uma arrecadação anual da ordem de R\$ 161.213,63. Na sequência é

apresentado o cálculo da arrecadação anual para cada UPGRH, sendo utilizado, como exemplo, o correspondente à UPGRH DO1.

$$\text{Arrecadação anual (R\$)} = 1,344 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \cdot 0,021 \text{ R\$ m}^{-3} \cdot 31.536.000 \text{ s ano}^{-1} \cdot 0,015$$

$$= 13.351,08$$

Realizando o mesmo cálculo para todas as UPGRH's presentes na bacia do rio Doce, na Tabela 42 é apresentada a estimativa da arrecadação anual para toda a bacia.

Tabela 42 – Estimativa da arrecadação anual para todas as UPGRH's da bacia do rio Doce considerando a Simulação 1

UPGRH	Demandas de uso da água (m <sup>3</sup> /s) <sup>1</sup>	Valores de K <sub>t</sub>	Arrecadação anual (R\$)
DO1	1,344	0,015	13.351,08
DO2	0,135	0,029	2.592,73
DO3	0,138	0,013	1.188,09
DO4	1,314	0,014	12.182,86
DO5	1,732	0,014	16.058,38
DO6	1,291	0,033	28.214,09
Guandú	1,469	0,027	26.267,06
Sta M. do Doce	2,668	0,012	21.202,79
São José	5,053	0,012	40.156,55
<b>Total</b>			<b>161.213,63</b>

Fonte:<sup>1</sup>PIRH

### Simulação 2 – Consumo unitário de 1 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>

Com base no consumo unitário normalmente utilizado como base de referência para a irrigação, igual a 1L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, e considerando um valor de PPU de captação de 0,021 R\$/m<sup>3</sup> e os valores de K<sub>t</sub> estimados pela metodologia proposta no presente relatório para cada UPGRH se teria uma arrecadação anual da ordem de R\$ 2.522.682,75, sendo, na sequência apresentado o cálculo da arrecadação anual para a UPGRH DO1.

Arrecadação anual (R\$) =  $1,0 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1} 11.668 \text{ ha} 0,000021 \text{ R\$ L}^{-1} 31.536.000$   
 $\text{s ano}^{-1} 0,015 = 115.908,04$

Realizando o mesmo cálculo para todas as UPGRH's presentes na bacia do rio Doce, na Tabela 43 é apresentada a estimativa da arrecadação anual para toda a bacia.

Tabela 43 – Estimativa da arrecadação anual para todas as UPGRH's da bacia do rio Doce considerando a Simulação 2

UPGRH	Consumo unitário (L/s ha)	Área Irrigada (ha)	Valores de $K_t$	Arrecadação anual (R\$)
DO1	1,0	11.668	0,015	115.908,04
DO2	1,0	3.571	0,029	68.582,56
DO3	1,0	1.322	0,013	11.381,53
DO4	1,0	3.690	0,014	34.212,14
DO5	1,0	8.299	0,014	76.944,88
DO6	1,0	7.373	0,033	161.132,84
Guandú	1,0	104.842	0,027	1.874.670,58
Sta M. do Doce	1,0	10.720	0,012	85.192,61
São José	1,0	11.911	0,012	94.657,57
<b>Total</b>				<b>2.522.682,75</b>

Fonte:<sup>1</sup>Censo Agropecuário, 2006/IBGE (PIRH)

### Simulação 3 – Consumos unitários estimados pela metodologia proposta ( $q_{u,i}$ )

Com base nos valores de vazão unitária considerada como necessária para a cultura de interesse para os 12 meses do ano, apresentados nas Tabelas 7 e 8, e considerando um tempo de irrigação diário de 19 h, um valor de PPU de captação de  $0,021 \text{ R\$/m}^3$  e os valores de  $K_t$  estimados pela metodologia proposta no presente relatório para cada UPGRH, se teria uma arrecadação anual da ordem de R\$ 771.010,98. Na sequência é apresentado o cálculo da arrecadação anual para cada UPGRH, sendo utilizado, como exemplo, o correspondente à UPGRH DO5.

$$\text{Arrecadação anual (R\$)} = \sum_{i=1}^{12} \left[ \left( q_{u,i \text{ jan}} 10^{-3} NS_{\text{jan } ui} A_{\text{irrig jan}} \right) F_{ui \text{ jan}} + \dots \right. \\ \left. + \left( q_{u,i \text{ dez}} 10^{-3} NS_{\text{dez } ui} A_{\text{irrig dez}} \right) F_{ui \text{ dez}} \right] \text{PPU}_{\text{cap}} K_{\text{cap}}$$

$$\text{Arrecadação anual}_{\text{Temporárias}} \text{ (R\$)} = \sum_{i=1}^{12} \left[ (0,22 \times 10^{-3} \times 2.052.000 \times 7654) \frac{0,22}{0,40} + \dots \right. \\ \left. + (0,03 \times 10^{-3} \times 2.052.000 \times 7654) \frac{0,03}{0,40} \right] 0,021 \times 0,014$$

$$\text{Arrecadação anual}_{\text{Temporárias}} \text{ (R\$)} = 23.449,16$$

$$\text{Arrecadação anual}_{\text{Permanentes}} \text{ (R\$)} = \sum_{i=1}^{12} \left[ (0,11 \times 10^{-3} \times 2.052.000 \times 191) \frac{0,11}{0,40} + \dots \right. \\ \left. + (0,00 \times 10^{-3} \times 2.052.000 \times 191) \frac{0,00}{0,40} \right] 0,021 \times 0,014$$

$$\text{Arrecadação anual}_{\text{Permanentes}} \text{ (R\$)} = 403,99$$

Realizando o mesmo cálculo para todas as UPGRH's presentes na bacia do rio Doce e considerando as culturas temporárias e permanentes, na Tabela 44 é apresentada a estimativa da arrecadação anual para toda a bacia.

Tabela 44 – Estimativa da arrecadação anual para todas as UPGRH's da bacia do rio Doce considerando a Simulação 3

UPGRH	Culturas	Área Irrigada (ha) <sup>1</sup>	Valores de K <sub>t</sub>	Arrecadação anual (R\$)
DO1	Permanente	25	0,015	42,32
	Temporária	10.282		27.484,86
DO2	Permanente	1	0,029	3,40
	Temporária	3.483		17.981,65
DO3	Permanente	321	0,013	523,55
	Temporária	971		2.356,80
DO4	Permanente	60	0,014	124,86
	Temporária	3.336		10.127,75
DO5	Permanente	191	0,014	403,99
	Temporária	7.654		23.449,16
DO6	Permanente	1.344	0,033	6.602,30
	Temporária	5.552		39.777,71
Guandú	Permanente	29.187	0,027	119.738,05
	Temporária	75.407		465.937,79
Sta M. do Doce	Permanente	1.418	0,012	2585,45
	Temporária	9.189		25234,45
São José	Permanente	4.170	0,012	7603,20
	Temporária	7.659		21033,22
<b>Total</b>				<b>771.010,98</b>

Fonte:<sup>1</sup>Censo Agropecuário, 2006/IBGE (PIRH)

### 3. DEFINIÇÃO DE FAIXAS DE USUÁRIOS

#### 3.1. Políticas públicas afetas ao setor agropecuário

As preocupações com o setor agropecuário brasileiro encontram-se presentes em diversos segmentos (sociais, econômicos, culturais, ecológicos, dentre outros), o que se reflete no grande número de políticas públicas voltadas ao meio rural.

Em um primeiro momento, a preocupação com o desenvolvimento do campo e das técnicas agrárias, visando o aumento da produção e exportação de produtos agropecuários e o superávit na balança comercial, culminou na busca pela modernização da agricultura brasileira. Estas políticas públicas para a área rural, contudo, em especial a política agrícola, privilegiaram os setores mais capitalizados e a esfera produtiva das commodities voltadas ao mercado internacional (ALBERGARIA, 2010).

Atualmente, problemas como o êxodo rural e a precariedade da situação de grande parte dos produtores rurais fazem com que cresçam o número de políticas públicas voltadas ao lado socioeconômico dos menos favorecidos, ora identificados como pequenos produtores, ora como produtores familiares.

Ademais a recente questão ambiental, sob o ponto de vista ecológico, torna crescentes as políticas públicas voltadas à preservação do meio ambiente. Isto porque, em se considerando a esgotabilidade dos recursos naturais, a busca por um desenvolvimento que concilie fatores sociais, econômicos e ecológicos, denominado *sustentável*, faz multiplicar medidas neste sentido, ganhando força inovações tecnológicas menos impactantes e que tornam a produtividade maior.

Como bem destaca SAMBUICHI, 2012:

“Nas últimas décadas as políticas públicas privilegiaram o modelo de desenvolvimento rural calcado nos moldes da revolução verde, o que propiciou o incremento substancial da produção agropecuária nacional, promoveu as tecnologias de produção de commodities e inseriu o país como celeiro alimentar no cenário mundial (Crestana e Fragalle *apud* SAMBUICHI, 2012). Essas políticas, entretanto, não consideraram os potenciais impactos negativos do modelo de desenvolvimento adotado, levando a um desequilíbrio no tripé da sustentabilidade ao privilegiarem o aspecto econômico em detrimento do social e ambiental. Mais recentemente, porém,

motivados pela pressão mundial para a mitigação das mudanças climáticas, pela exigência dos mercados e pelo aumento da conscientização da sociedade com relação ao tema, os *policy makers* passaram a promover políticas com viés de sustentabilidade.”

Em se conjugando estes fatores, tem-se uma série de políticas voltadas ao setor agropecuário, nos mais diversos aspectos, e nos três âmbitos da esfera federativa (federal, estadual e municipal). Desta forma serão apontadas as políticas públicas mais relevantes em relação à temática do convênio, elencando as semelhanças e diferenças entre os critérios sugeridos no item 2.2 e os adotados pelos entes governamentais ou paraestatais na confecção e cumprimento das políticas públicas mencionadas.

### **3.1.1. Do programa de apoio e incentivo à preservação e recuperação do meio ambiente e o “pagamento por serviços ambientais”**

A Lei nº 12.651/12 (“Novo Código Florestal”) instituiu o Programa de Apoio à Preservação e Recuperação do Meio Ambiente, refletindo a preocupação com a situação ecológica no país.

Dentre os vários instrumentos previstos no programa destaca-se o “pagamento por serviços ambientais”, o que enseja uma contraprestação pecuniária àqueles que preservem a vegetação nativa em suas propriedades.

Na medida em que se percebe que os recursos naturais não são inesgotáveis, a simples disponibilidade destes passa a ser atribuído valor econômico. Neste sentido, de forma inovadora em termos de legislação federal<sup>4</sup>, o novo Código Florestal (Lei nº 12.651/12) prevê expressamente o pagamento governamental pela preservação da vegetação nativa.

Assim, em seu art. 41, o diploma legal estabelece que o Poder Executivo federal pode estabelecer o “pagamento ou incentivo a serviços ambientais como retribuição, monetária ou não, às atividades de conservação e melhoria dos

---

<sup>4</sup> O pagamento por serviços ambientais estava presente em algumas legislações estaduais, como no caso da Lei nº 17.727/08 do Estado de Minas Gerais, que institui o programa de pagamento por serviços ambientais conhecidos como “Bolsa Verde”.

ecossistemas e que gerem serviços ambientais, tais como, isolada ou cumulativamente: a) o sequestro, a conservação, a manutenção e o aumento do estoque e a diminuição do fluxo de carbono; b) a conservação da beleza cênica natural; c) a conservação da biodiversidade; d) a conservação das águas e dos serviços hídricos; e) a regulação do clima; f) a valorização cultural e do conhecimento tradicional ecossistêmico; g) a conservação e o melhoramento do solo; h) a manutenção de Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de “uso restrito”.

Tem-se, desta forma, que, visando a preservação ambiental, o governo pode (na verdade, deve) conceder incentivos, financeiros ou não, aos proprietários que preservem a vegetação nativa em sua propriedade; compensando os mesmos pelas restrições à exploração advinda da manutenção de vegetação.

Na tendência da legislação florestal/ambiental mais atualizada, a proposta de  $K_i$  desenvolvida pelo Convênio beneficia aqueles que preservem a vegetação nativa em sua propriedade. Isto porque, nestes casos, a ausência do uso no local e a presença da vegetação preservada fará com que o índice seja zero, diminuindo assim o valor do  $K_i$  a ser considerado na área em análise.

Vale ressaltar que, ao contrário do que se possa imaginar, não há vedação ao pagamento por serviços ambientais em relação àquelas áreas que a própria lei restringe o uso (como o caso das Áreas de Preservação Permanente e da Reserva Legal). Pelo contrário, o Código Florestal é expresso em afirmar que o pagamento abrange também estas áreas (art. 41, I, “h”). Desta forma, não há qualquer problema no fato de o índice  $K_i$  proposto beneficiar a presença da vegetação nativa na propriedade independente se decorrente de obrigação legal do produtor ou de mero ato voluntário; na verdade, independente do motivo, a presença de vegetação nativa é fundamento para que se beneficie o proprietário.

### 3.1.2. Programa de regularização ambiental

A regularização dos imóveis rurais é fonte de preocupação governamental na medida em que é importante instrumento de controle e fiscalização dos imóveis rurais que, para se regularizarem, terão que adotar uma série de medidas, dentre as quais se encontram a inscrição no Cadastro Ambiental Rural e a recomposição da vegetação nativa nos moldes exigidos no Novo Código Florestal.

O programa, instituído pelo Decreto nº 7.029/2009, quando era denominado Programa de Apoio à Regularização Ambiental de Imóveis Rurais, foi substituído pelo Programa de Regularização Ambiental, previsto na Lei nº 12.651/12 (Novo Código Florestal) e regulamentado pelo Decreto nº 7.830/12, e que, expressamente, revogou o Decreto originário.

Manteve-se, contudo, seus principais institutos, destacando-se o Cadastro Ambiental Rural e o “termo de compromisso”, que acarreta a adesão ao Programa e, nele estão previstos, dentre outros fatores, a recuperação das áreas degradadas e a recomposição das Áreas de Preservação Permanente, de forma total ou parcial.

A regularização do imóvel rural, ou seja, sua adequação aos termos legais, não foi descartada por esta pesquisa, na medida em que o ordenamento jurídico deve ser pautado pela coerência, não podendo a legislação ambiental, em seus diversos diplomas, representar contradições.

Assim, como forma de compatibilizar as legislações, evitando-se a repugnante contradição no ordenamento jurídico, estabelece-se que, somente as propriedades que estiverem devidamente inscritas no Cadastro Ambiental Rural e façam adesão ao Programa de Regularização Ambiental (quando necessário) farão jus ao cálculo do  $K_t$ , evitando-se que se conceda o benefício da redução da cobrança àqueles que não respeitem a legislação ambiental como um todo.

Contudo, há que se destacar que, consoante com o apresentado no item 2.2, a adesão ao Programa de Regularização Ambiental por meio do termo de compromisso será suficiente apenas para que o proprietário faça jus ao cálculo do  $K_t$ , sendo que a fiscalização do cumprimento do estipulado no termo e no programa dependerá da atuação dos órgãos governamentais.

### **3.1.3. Programa nacional de fortalecimento da agricultura familiar (pronaf) e os incentivos a pequenos produtores**

Criado pelo Decreto nº 1.946, de 28 de junho de 1996, o PRONAF reflete a preocupação governamental com o produtor familiar, tendo em vista as maiores dificuldades destes em manter suas atividades em um mundo onde a concentração de capital e tecnologia não escapa, também, ao meio rural.

Neste diapasão, a Lei nº 11.326/06 “estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais”, e, em seu art.3º, estipula sua abrangência:

Art. 3º, Lei nº 11.326/06: Para os efeitos desta Lei considera-se agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos:

I - não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais;

II - utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;

III - tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, na forma definida pelo Poder Executivo (Redação dada pela Lei nº 12.512, de 2011);

IV - dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família.

Extrai-se da análise do dispositivo que para o enquadramento da forma de produção em familiar é necessário o preenchimento de 4 requisitos, estampados em seus incisos.

É importante destacar que “produtor familiar” não se confunde com “pequeno produtor”: este é o produtor cuja propriedade não ultrapasse quatro módulos fiscais (art. 4º, II, Lei nº 8.629/93). Para que seja “familiar”, além deste requisito (inciso I), deverá também preencher os demais supra-apontados (incisos II a IV). Assim, o pequeno produtor (até 4 módulos fiscais) poderá não ser familiar, mas todo produtor familiar será também pequeno.

Existe uma tendência, além do incentivo a produtores familiares, de proteção a pequenos produtores. Neste sentido, por exemplo, o novo Código Florestal, estende a estes todo o tratamento benéfico aplicável àqueles:

Art. 3º, parágrafo único, Lei nº 12.651/12: Para os fins desta Lei, estende-se o tratamento dispensado aos imóveis a que se refere o inciso V deste artigo às propriedades e posses rurais com até 4 (quatro) módulos fiscais que desenvolvam atividades agrossilvipastoris, bem como às terras indígenas demarcadas e às demais áreas tituladas de povos e comunidades tradicionais que façam uso coletivo do seu território.

Aliás, este tratamento diferenciado do pequeno produtor e do produtor familiar advém da própria Constituição Federal, que, em seu art. 5º XXVI estabelece:

Art. 5º, XXVI, CF/88: a pequena propriedade rural, assim definida em lei, desde que trabalhada pela família, não será objeto de penhora para pagamento de débitos decorrentes de sua atividade produtiva, dispondo a lei sobre os meios de financiar o seu desenvolvimento.

Neste sentido, uma série de vantagens é concedida, ora ao pequeno produtor, ora ao familiar, tais como facilitações em créditos agrícolas (art. 3º, III, Lei nº 1.946/96); menor necessidade de recomposição das Áreas de Preservação Permanente (art. 61-A, Lei nº 12.651/12); prioridade na percepção de pagamento por serviços ambientais (art. 41, §7º, Lei nº 12.651/12); apoio técnico governamental e gratuidade para recomposição e registro da Reserva Legal (art. 53, Lei nº 12.651/12); Plano de Manejo simplificado para exploração florestal (art. 56, Lei nº 12.651/12); dentre outros.

No entanto, tem-se que, no que tange ao objeto da presente pesquisa, os critérios desta política pública voltada ao agricultor familiar não interfere no índice do  $K_t$  de forma direta. Isto porque, a forma de exploração (se familiar ou não) e o tamanho da propriedade não estabelecem relação de proporcionalidade com as questões técnicas que envolvem o cálculo do  $K_t$ . Contudo, considerada a forma de cobrança que será proposta, a mesma irá ao encontro das políticas públicas que beneficiam os familiares e pequenos produtores, consoante será visto adiante.

### 3.1.4. Plano de agricultura de baixa emissão de carbono

Criado pelo Decreto nº 7.390/10, que “regulamenta os arts. 6º, 11º e 12º da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC”, o “Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono”, tem como objetivo final a redução de emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Para tal, indica, nos incisos do parágrafo primeiro, art. 6º, alguns meios:

Art. 6º, §1º, Decreto nº 7.390/10: Para alcançar o compromisso nacional voluntário de que trata o art. 12 da Lei nº 12.187, de 2009, serão implementadas ações que almejem reduzir entre 1.168 milhões de tonCO<sub>2</sub>eq e 1.259 milhões de tonCO<sub>2</sub>eq do total das emissões estimadas no art. 5º.

§ 1º Para cumprimento do disposto no caput, serão inicialmente consideradas as seguintes ações contidas nos planos referidos no art. 3º deste Decreto

I - redução de oitenta por cento dos índices anuais de desmatamento na Amazônia Legal em relação à média verificada entre os anos de 1996 a 2005;

II - redução de quarenta por cento dos índices anuais de desmatamento no Bioma Cerrado em relação à média verificada entre os anos de 1999 a 2008;

III - expansão da oferta hidroelétrica, da oferta de fontes alternativas renováveis, notadamente centrais eólicas, pequenas centrais hidroelétricas e bioeletricidade, da oferta de biocombustíveis, e incremento da eficiência energética;

IV - recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas;

V - ampliação do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta em 4 milhões de hectares;

VI - expansão da prática de plantio direto na palha em 8 milhões de hectares;

VII - expansão da fixação biológica de nitrogênio em 5,5 milhões de hectares de áreas de cultivo, em substituição ao uso de fertilizantes nitrogenados;

VIII - expansão do plantio de florestas em 3 milhões de hectares;

IX - ampliação do uso de tecnologias para tratamento de 4,4 milhões de m<sup>3</sup> de dejetos de animais; e

X - incremento da utilização na siderurgia do carvão vegetal originário de florestas plantadas e melhoria na eficiência do processo de carbonização.

A questão da emissão de carbono não se encontra diretamente ligada ao objeto da pesquisa, pelo que os critérios utilizados pelo Decreto não são abordados na forma de cobrança proposta.

Na verdade, em uma situação ideal, tem-se que a forma de plantio e manejo do solo deveria ser considerada na análise qualitativa que enseja o cálculo do K<sub>t</sub>, baseado em beneficiar aquele que utiliza o solo da maneira mais adequada, menos

desgastante e mais preservacionista. Assim, por exemplo, o agricultor que efetue o plantio direto deveria ser beneficiado se comparado àquele que remova as camadas do solo, tendo em vista ser esta prática consideravelmente mais impactante. Contudo, a metodologia até então disponível para elaboração e cálculo do  $K_t$  não permite que se contemple na análise de cobrança a consideração do manejo do solo.

### **3.1.5. Programa de desenvolvimento da agricultura orgânica**

A Lei nº 10.831/03, “que dispõe sobre a agricultura orgânica”, representa um incentivo buscando na agroecologia o caminho para um desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento criou o Programa de Desenvolvimento da Agricultura Orgânica (Pró-Orgânico), e, por meio da Portaria nº 154/04, determinou que este “seja assessorado pela Comissão Nacional da Produção Orgânica - CNPOrg e pelas Comissões da Produção Orgânica nas Unidades da Federação - CPOrg-UF” (art. 1º).

Não retirando a relevância da agroecologia e do programa governamental, tem-se que a adoção dos critérios utilizados pelo mesmo, que gravitam no reconhecimento da organicidade do produto, não possui correlação direta com o pagamento pelo uso dos recursos hídricos, razão pela qual estes critérios não são utilizados no aprimoramento do  $K_t$ .

### **3.1.6. Do programa de apoio à conservação ambiental**

Instituído pela Lei nº 12.512/11, o Programa de Apoio à Conservação Ambiental tem como objetivo: incentivar a conservação dos ecossistemas, entendida como sua manutenção e uso sustentável; promover a cidadania, a melhoria das condições de vida e a elevação da renda da população em situação de extrema pobreza que exerça atividades de conservação dos recursos naturais no meio rural nas áreas definidas no art. 3º; e incentivar a participação de seus beneficiários em

ações de capacitação ambiental, social, educacional, técnica e profissional (art. 1º, Lei nº 12.512/11).

Percebe-se assim, que o programa visa conjugar as facetas social e ecológica de um desenvolvimento sustentável, estimulando a conservação ambiental e buscando a melhoria das condições de vida daqueles que se encontram em extrema pobreza.

O critério da “extrema pobreza”, a princípio, não deve ser fonte de preocupação no que tange à outorga de recursos hídricos, na medida em que aqueles que se encontram nessa situação dificilmente terão condições de utilizar estes recursos de maneira que seja ultrapassada a vazão insignificante. Ademais, como será visto adiante, a proposta global para a cobrança, ainda que de forma indireta, beneficia o pequeno produtor rural, esteja este ou não na linha da extrema pobreza.

Já o critério da preservação ambiental, como foi dito quando dos comentários ao “pagamento por serviços ambientais”, encontra-se indiretamente previsto no  $K_t$ , na medida em que a preservação da vegetação nativa leva à diminuição do índice pela aplicação da metodologia proposta.

### **3.1.7. Programa produtor de água**

O Programa Produtor de Água, em âmbito federal, foi instituído pela Agência Nacional das Águas, e tem como base o estímulo à conservação de áreas importantes para manutenção da qualidade e quantidade dos recursos hídricos, o que é feito, basicamente, por meio do “pagamento por serviços ambientais” (PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA, 2012).

Programas semelhantes existem em níveis estadual e municipal, como é o caso do Estado do Espírito Santo, que possui o correlato programa “ProdutorES de água”, que utiliza royalties do petróleo e gás para o pagamento pelas áreas preservadas (KLEIN, 2013). É também exemplo a cidade de Extrema-MG, na qual o convênio nº 001/ANA/2010 – Nº SICONV nº 752549/2010 entre a Agência Nacional das Águas e a Prefeitura Municipal gerou a criação do “Projeto Conservador das Águas”.

Como dito, o critério da preservação ambiental já se encontra previsto no índice  $K_i$  proposto, na medida em que a utilização de boas práticas de conservação do solo e da água leva à diminuição do índice pela aplicação da fórmula proposta.

### 3.1.8. Política agrícola

A Política Agrícola brasileira, com base legislativa na Lei nº 8.171, de janeiro de 1991, de certa forma, engloba os aspectos das políticas públicas específicas no país, algumas delas, supracitadas. Pelo próprio art. 3º da citada lei é possível aferir a amplitude de seus objetivos, que englobam os diversos fatores do “desenvolvimento sustentável”:

Art. 3º São objetivos da política agrícola:

I - na forma como dispõe o art. 174 da Constituição, o Estado exercerá função de planejamento, que será determinante para o setor público e indicativo para o setor privado, destinado a promover, regular, fiscalizar, controlar, avaliar atividade e suprir necessidades, visando assegurar o incremento da produção e da produtividade agrícolas, a regularidade do abastecimento interno, especialmente alimentar, e a redução das disparidades regionais;

II - sistematizar a atuação do Estado para que os diversos segmentos intervenientes da agricultura possam planejar suas ações e investimentos numa perspectiva de médio e longo prazos, reduzindo as incertezas do setor;

III - eliminar as distorções que afetam o desempenho das funções econômica e social da agricultura;

IV - proteger o meio ambiente, garantir o seu uso racional e estimular a recuperação dos recursos naturais;

V - (Vetado);

VI - promover a descentralização da execução dos serviços públicos de apoio ao setor rural, visando a complementariedade de ações com Estados, Distrito Federal, Territórios e Municípios, cabendo a estes assumir suas responsabilidades na execução da política agrícola, adequando os diversos instrumentos às suas necessidades e realidades;

VII - compatibilizar as ações da política agrícola com as de reforma agrária, assegurando aos beneficiários o apoio à sua integração ao sistema produtivo;

VIII - promover e estimular o desenvolvimento da ciência e da tecnologia agrícola pública e privada, em especial aquelas voltadas para a utilização dos fatores de produção internos;

IX - possibilitar a participação efetiva de todos os segmentos atuantes no setor rural, na definição dos rumos da agricultura brasileira;

X - prestar apoio institucional ao produtor rural, com prioridade de atendimento ao pequeno produtor e sua família;

- XI - estimular o processo de agroindustrialização junto às respectivas áreas de produção;
- XII - (Vetado);
- XIII – promover a saúde animal e a sanidade vegetal;
- XIV – promover a idoneidade dos insumos e serviços empregados na agricultura;
- XV – assegurar a qualidade dos produtos de origem agropecuária, seus derivados e resíduos de valor econômico;
- XVI – promover a concorrência leal entre os agentes que atuam nos setores e a proteção destes em relação a práticas desleais e a riscos de doenças e pragas exóticas no País;
- XVII – melhorar a renda e a qualidade de vida no meio rural.

Apesar da amplitude da política agrícola em termos legais, a crítica é de que a mesma, historicamente, se preocupava mais com a produtividade e exportação do que com o desenvolvimento agrário.

Contudo, hoje, tem-se, como visto, políticas públicas também voltadas ao lado social e ecológico do setor rural, bem como ao aumento da produtividade, produção de alimentos e competitividade no plano internacional.

Desta forma, tem-se que o índice de  $K_t$  proposto encontra-se em plena consonância com a Política Agrícola do País, conciliando as facetas socioeconômicas e ecológicas que envolvem um desenvolvimento sustentável.

Quanto ao lado ecológico, tem-se que, do ponto de vista técnico, será beneficiado aquele que utilize o solo da maneira mais adequada, bem como será favorecido o proprietário que preservar a vegetação nativa, tudo isto englobado no  $K_t$  proposto. Quanto ao lado socioeconômico, tem-se que a proposta para a cobrança beneficiará aqueles com menos condições.

### **3.2. Categorias de propriedades e empreendimentos agropecuários**

É possível distinguir na legislação e nas políticas públicas vigentes no país algumas espécies de classificação das propriedades, sendo as principais:

### 3.2.1. Pequena, média e grande propriedade

Essa é uma classificação muito utilizada pela legislação federal. A Lei nº 8.629/93, assim define as propriedades quanto ao tamanho (art. 4º, II):

- . pequena propriedade: até 4 módulos fiscais, inclusive (tamanho da propriedade  $\leq$  4 módulos fiscais)

- . média propriedade: de quatro até 15 módulos fiscais, inclusive (4 módulos fiscais < tamanho da propriedade  $\leq$  15 módulos fiscais).

- . grande propriedade: maior que 15 módulos fiscais (15 módulos fiscais < tamanho da propriedade)

O módulo fiscal é uma unidade de medida, em hectares, instituída pela Lei nº 6.746, de 1979, que alterou o Estatuto da Terra. Sua fixação é feita para cada município, levando em consideração uma série de fatores, tais como: tipo de exploração predominante no município; renda obtida neste tipo de exploração; outras explorações existentes no município que, embora não predominantes, sejam expressivas em função da renda ou da área utilizada; o conceito de "propriedade familiar" (art. 50, §2º, Estatuto da Terra). A ideia é que a medida represente um tamanho de propriedade mínimo para que, naquele município, se consiga uma vida digna trabalhando a terra.

Os módulos fiscais dos municípios são estabelecidos por instruções especiais do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), o que pode ser encontrado na *web page* do instituto ([www. http://www.incra.gov.br](http://www.incra.gov.br)). A título de exemplo, tem-se que na capital capixaba, o módulo fiscal é de 7 hectares, enquanto em Mantenópolis é de 20 hectares. Já no município de Viçosa é equivalente a 22 hectares. Na região amazônica, pode ultrapassar os 100 hectares.

Interessante observar a grande divergência quanto à forma de calcular a quantidade de módulos fiscais de uma propriedade a fim de enquadrá-la em pequena, média ou grande: para alguns, o cálculo seria feito pela divisão da área total da propriedade pelo módulo fiscal do município; para outros essa divisão levaria em conta a área *aproveitável* da propriedade, não a área total.

Essa classificação é adotada em uma série de leis federais, como no Novo Código Florestal, Lei nº 12.651/12, e até na Constituição Federal de 1988 (art. 5º, XXVI).

Consoante será visto na proposta de cobrança adiante, esta, indiretamente, acarreta em benefício ao pequeno produtor.

### 3.2.2. Propriedade familiar

Propriedade familiar é aquela que, segundo o art. 3º da Lei nº 11.326/06:

- não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais;
- utilize predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;
- tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, na forma definida pelo Poder Executivo;
- dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família.

Consoante será visto na proposta de cobrança adiante, esta, indiretamente, acarreta em benefício à propriedade familiar.

### 3.2.3. Propriedade produtiva e improdutiva

A propriedade produtiva é aquela que atinge o grau de produtividade exigido pela Lei. Nos termos do disposto no art. 6º da Lei nº 8.629/93:

Artigo 6º, Lei nº 8.629/93: Considera-se propriedade produtiva aquela que, explorada econômica e racionalmente, atinge, simultaneamente, graus de utilização da terra e de eficiência na exploração, segundo índices fixados pelo órgão federal competente.

§ 1º - O grau de utilização da terra, para efeito do caput deste artigo, deverá ser igual ou superior a 80% (oitenta por cento), calculado pela relação percentual entre a área efetivamente utilizada e a área aproveitável total do imóvel.

§ 2º - O grau de eficiência na exploração da terra deverá ser igual ou superior a 100% (cem por cento), e será obtido de acordo com a seguinte sistemática:

I - para os produtos vegetais, divide-se a quantidade colhida de cada produto pelos respectivos índices de rendimento estabelecidos pelo órgão competente do Poder Executivo, para cada Microrregião Homogênea;

II - para a exploração pecuária, divide-se o número total de Unidades Animais (UA) do rebanho, pelo índice de lotação estabelecido pelo órgão competente do Poder Executivo, para cada Microrregião Homogênea;

Tem-se que a produtividade de uma propriedade é bastante valorizada pelo ordenamento jurídico pátrio, que considera a propriedade produtiva, inclusive, insuscetível de desapropriação (art. 185, CF).

Conforme se extrai dos parágrafos do artigo supratranscrito, afere-se a produtividade de uma propriedade de acordo com o “grau de utilização da terra” (GUT) e “grau de eficiência na exploração” (GEE).

O GUT é obtido pela divisão entre a área utilizável da propriedade e a área efetivamente utilizada na mesma. Este deverá ser superior a 80%, ou seja, no máximo 20% da área utilizável de uma propriedade não estará efetivamente em uso.

O GEE é obtido de acordo com a quantidade da produção em determinada área e região do país, de acordo com um índice estipulado pelo Poder Executivo Federal. A título de exemplo, traz-se o índice estipulado na Instrução Normativa nº 11 de 4 de abril de 2003, Ministério do Desenvolvimento Agrário, estipulada para o cultivo de soja, trigo e tomate:

PRODUTOS	REGIÃO	UNIDADE	RENDIMENTOS POR HECTARE
Soja (sementes)	Paraná/São Paulo	Ton.	1,90
	Sul (exceto PR )	Ton.	1,40
	Restante do País	Ton.	1,20
Tangerina	Todo País	Cento Frutos	700
Tomate	Sul/Sudeste	Ton.	30,00
	Restante do País	Ton.	20,00
Trigo (em grão)	Rio Grande do Sul	Ton.	0,80
	Restante do País	Ton.	1,00
Uva	Sul/São Paulo	Ton.	12,00
	Restante do País	Ton.	8,00

No tangente ao Grau de Utilização da Terra, a utilização do mesmo não condiz com a proposta pela cobrança dos recursos hídricos, em preservar, em quantidade e qualidade, o bem ambiental. Isto porque o GUT estimula a utilização integral ou praticamente integral da área utilizável da propriedade rural, indo de encontro ao fato de que a utilização de uma menor área e a correspondente preservação de uma maior é algo mais benéfico à preservação ambiental e dos recursos hídricos.

Assim, enquanto o GUT é válido como forma de política a desestimular a especulação imobiliária e existência de propriedades improdutivas, tem-se que o

mesmo critério não é adequado para fins de cobrança pela outorga de recursos hídricos.

No que tange ao grau de eficiência na exploração, a outorga por recursos hídricos tem como um dos objetivos ampliá-lo, na medida em que com a utilização da água a produtividade tende a aumentar em um mesmo espaço geográfico.

Contudo, mensuração do grau de eficiência na exploração depende de procedimento demasiado complexo, na medida em que o mesmo é relacionado à produção de cada item na propriedade, de acordo com o caso concreto; não sendo de relevância suficiente (considerando sua complexidade) a justificar sua inclusão no  $K_t$ .

#### 3.2.4. Latifúndio e minifúndio

Latifúndio e minifúndio são conceitos introduzidos no ordenamento jurídico pátrio pelo Estatuto da Terra (art. 4) e que, atualmente, encontram-se em desuso, tendo em vista, principalmente, a adoção da classificação das propriedades em pequena, média e grande.

A classificação entre latifúndio e minifúndio leva em consideração, além do tamanho da propriedade, a produtividade na mesma, o que visava dificultar a concentração imobiliária para meros fins de especulação.

Art. 4º, Estatuto da Terra, Para os efeitos desta Lei, definem-se: (...)

IV - "Minifúndio", o imóvel rural de área e possibilidades inferiores às da propriedade familiar;

V - "Latifúndio", o imóvel rural que:

a) exceda a dimensão máxima fixada na forma do artigo 46, § 1º, alínea

b, desta Lei, tendo-se em vista as condições ecológicas, sistemas agrícolas regionais e o fim a que se destine;

b) não excedendo o limite referido na alínea anterior, e tendo área igual ou superior à dimensão do módulo de propriedade rural, seja mantido inexplorado em relação às possibilidades físicas, econômicas e sociais do meio, com fins especulativos, ou seja deficiente ou inadequadamente explorado, de modo a vedar-lhe a inclusão no conceito de empresa rural;

Assim, surge o “latifúndio por extensão” (com área superior a 600 módulos, independente de sua forma de exploração) e o “latifúndio por exploração” (termo referente à propriedade que, apesar de não possuir área superior a 600 módulos, encontra-se inexplorado para fins especulativos).

O tamanho da propriedade é indiretamente abrangido pela forma de cobrança proposta. Já o grau de produtividade, conforme tratado no item 3.2.4, não é o mais adequado para o tratamento da questão, pelo que não é incluso na fórmula proposta.

### **3.2.5. Propriedades com uso irregular e propriedades regulares**

Consoante o art. 2º, parágrafo primeiro do Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/12), “na utilização e exploração da vegetação, as ações ou omissões contrárias às disposições desta Lei são consideradas uso irregular da propriedade”.

Assim, é possível classificar as propriedades como regulares ou não em relação à legislação florestal.

Esta classificação é abrangida pela forma de cobrança proposta pelo convênio, na medida em que somente os proprietários que se encontrarem regulares em termos de legislação florestal (com a devida adesão ao Cadastro Ambiental Rural e ao Plano de Regularização Ambiental) poderão fazer jus ao efeito benéfico de  $K_t$ .

### **3.2.6. Propriedades que cumpram sua função social**

Com a evolução dos direitos, é latente que não mais persiste a ideia de um direito de propriedade absoluto, sendo o mesmo limitado, principalmente, pelo cumprimento de sua função social. Isto porque a faculdade de usar, gozar e dispor da coisa deve ser exercida em consonância com as finalidades econômicas, sociais e ecológicas da propriedade. Trata-se do aclamado princípio da função social da propriedade, previsto constitucionalmente (art. 182, §2º, 184 e 186, CF).

Consoante o art. 186, CF, “a função social é cumprida quando a propriedade rural atende, simultaneamente, segundo critérios e graus de exigência estabelecidos em lei, aos seguintes requisitos: I - aproveitamento racional e adequado; II - utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente; III - observância das disposições que regulam as relações de trabalho; IV - exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores”.

A propriedade que não cumpra sua função social poderá ser desapropriada, desde que não seja pequena, média ou produtiva (art. 185, CF).

Dois dos requisitos necessários para que a propriedade cumpra sua função social estão previstos na fórmula de  $K_t$  proposta:

- a) aproveitamento racional e adequado: a fórmula  $K_t$  ao conjugar a declividade do terreno com o tipo de uso visa justamente equacionar seu uso de maneira tecnicamente adequada.
- b) preservação do meio ambiente: o uso do solo de maneira adequada, consoante indicado pelo  $K_t$ , está diretamente ligado à preservação ambiental, mais precisamente à preservação dos recursos hídricos. Ainda, a disponibilidade de recursos naturais e a preservação da vegetação nativa, como já dito, pela fórmula do  $K_t$ , leva à sua redução, conferindo um benefício para os proprietários que cumpram este aspecto da função social. Ademais, somente o proprietário que respeita a legislação florestal fará jus ao benefício proposto pela aplicação do  $K_t$ , com a conseqüente redução da cobrança.

Em relação aos demais requisitos, obediência à legislação trabalhista e bem estar dos proprietários e trabalhadores, tem-se que estes não se relacionam com as questões técnicas que envolvem a preservação ambiental e o uso adequado do solo para preservação dos recursos hídricos, razão pela qual não se encontram englobados na forma de cobrança proposta.

### 3.3. Proposta

Na elaboração da presente proposta foram considerados dois efeitos distintos: o primeiro relativo à conservação ambiental, e obtido com a estimativa do  $K_t$  apresentado no item 2.2; e o segundo relativo à manutenção da tendência governamental em privilegiar o pequeno produtor e obtido conforme descrito na sequência.

Para o Estado de Minas Gerais a **Deliberação Normativa CERH - MG nº 09, de 16 de junho de 2004**, define que as captações e derivações de águas superficiais menores ou iguais a  $1 \text{ L s}^{-1}$  -  $0,001 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  - serão consideradas como usos insignificantes e no Espírito Santo a **Resolução CERH Nº 017/2007** define como usos insignificantes vazões captadas iguais ou inferiores a  $0,5 \text{ L s}^{-1}$  ou  $0,0005 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (a Resolução define que será considerado insignificante um volume máximo diário de 43.200 L).

Pelo atual sistema de cobrança um usuário que capte uma vazão superior ao limite considerado insignificante é cobrado pelo volume total captado. Assim, por exemplo, um usuário situado em um trecho de jurisdição do Estado de Minas Gerais ou Federal poderá captar uma vazão de até  $1,0 \text{ L s}^{-1}$  sem qualquer necessidade de pagamento, entretanto outro usuário que capte uma vazão de  $1,1 \text{ L s}^{-1}$  passa a ser cobrado pela vazão total captada. A fim de compensar este efeito se sugere que a vazão insignificante passe a constituir uma parcela a deduzir no valor total a ser cobrado pelo uso da água, passando o valor anual de cobrança pela irrigação ser estimado pela equação:

$$\text{Valor}_{\text{cap}} = \sum_{i=1}^{12} \left[ (q_{\text{out},i} \cdot 10^{-3} \cdot \text{NSi}_{\text{ui}} \cdot A_{\text{irrig}} - \text{Vol}_{\text{ins}}) F_{\text{ui}} \right] \text{PPU}_{\text{cap}} K_{\text{cap}} \quad (13)$$

em que  $\text{Vol}_{\text{ins}}$  é o volume insignificante, em  $\text{m}^3$ . Para o estado de Minas Gerais o volume insignificante é igual a  $2.052 \text{ m}^3/\text{mês}$ , valor correspondente à vazão insignificante de  $1,0 \text{ L s}^{-1}$  multiplicada pelo número de segundos no mês (considerando o número de horas fora do horário de ponta para a tarifação da energia elétrica). Para o estado do Espírito Santo o volume insignificante é igual a

1.296 m<sup>3</sup>/mês, valor correspondente ao volume insignificante diário de 43.200 L multiplicado pelo número de dias no mês.

A cobrança será realizada para os meses em que o volume captado for maior que o volume insignificante. Se  $(q_{out,i} 10^{-3} NSi_{ui} A_{irrig}) < Vol_{ins}$ , considera-se  $(q_{out,i} 10^{-3} NSi_{ui} A_{irrig} - Vol_{ins})$  igual a 0.

Portanto, a proposta para cobrança pela captação de água, consoante já adiantado ao longo das explicações dos itens 3.1 e 3.2 reflete alguns critérios já utilizados em políticas públicas e na separação em categorias de proprietários rurais. Tem-se ainda que, quando da consideração do  $K_t$  proposto e da dedução da cobrança pelo uso da vazão considerada insignificante, a cobrança se torna mais condizente com os aspectos legais, econômicos, sociais e ambientais de um desenvolvimento sustentável, refletindo a tendência moderna no tratamento da questão.

Quanto aos aspectos legais, tem-se que, somente as propriedades que estiverem regularizadas poderão ser beneficiadas pela aplicação do  $K_t$ , refletindo as políticas públicas que envolvem e estimulam a regularização das propriedades rurais (item 3.1.2).

Quanto aos aspectos socioeconômicos tem-se que a própria racionalização da cobrança pelos recursos hídricos é, em si, fator de aumento de produtividade e qualidade de vida no campo. Além disto, tem-se que a cobrança somente pelo montante que exceder o valor considerado insignificante é matéria que privilegia os pequenos produtores, sendo um reflexo das políticas governamentais que visam gerar facilidades para produtores familiares, pequenos e médios produtores (item 2.1.3 e itens 3.2.1 e 3.2.2).

Quanto aos aspectos ecológicos tem-se que a fórmula de cobrança pela captação de água é, sim, forma de preservar este recurso, incentivando seu uso racional e o cumprimento da função social da propriedade (item 3.2.6).

Portanto, a forma de cobrança proposta para a captação de água, e também o índice  $K_t$  (item 2.2), refletem a tendência das políticas públicas e normas pertinentes, bem como respeitam o tratamento privilegiado aos pequenos produtores e aqueles que utilizam sua propriedade de maneira regular. Vale ressaltar que embora a proposta tenha sido detalhada para o setor usuário da irrigação, a

dedução da vazão insignificante do valor total a ser cobrado pelo uso da água é uma proposta que pode ser aplicada a todos os setores usuários.

#### 4. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2010. **Atlas Brasil. Atlas Urbano de Abastecimento de Água.** Disponível em <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso em 22 de maio de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2011. **Nota Técnica no 118/2011/SAG.** Comunicação interna.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2010). **Nota Técnica nº 101/2010/SAG.** 91 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA); FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). **O Uso Racional da Água no Setor Industrial.** Brasília. 2013. 309 p. No prelo.

ALBERGARIA, A. V.; LORETO, M. D. S. de. **Políticas Públicas como Estratégia para o Desenvolvimento Rural.** VIII Congresso Latino-americano de Sociologia Rural. Disponível em <http://www.alasru.org/wp-content/uploads/2011/09/GT27-Alessandra-Vasconcelos-Albergaria.pdf>. Acesso em 13 abr. 2013.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** FAO irrigation and drainage. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. 328 p. (Paper, 56).

AMORIM, M. A. M.; CARVALHO, G. B. B. de; THOMAS, P. T.; FREITAS, N. N. de; ALVES, R. F. F. **A cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Doce.** XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos; Maceió-AL, 27 de Novembro a 01 de Dezembro de 2011.

ARCELORMITTAL BRASIL. **Relatório de Sustentabilidade 2011.** Disponível em:<[http://www.arcelor.com.br/sustentabilidade/relatorio\\_sustentabilidade/pdf/relatorio\\_sustentabilidade\\_2011.pdf](http://www.arcelor.com.br/sustentabilidade/relatorio_sustentabilidade/pdf/relatorio_sustentabilidade_2011.pdf)>. Acesso em abril de 2013.

AZEVEDO NETTO, J. M., 1959. Cronologia dos serviços de esgotos, com especial menção ao Brasil. **Revista DAE**, 20(33):15-19.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação.** 8ª Edição – Viçosa: Editora UFV, 2009. 625 p.

BERTOLINI, D.; BELLINAZZI JÚNIOR, R. **Levantamento do meio físico para determinação da capacidade de uso das terras**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1991. 29p.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Irrigação. **Programa 2013 - Agricultura Irrigada**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/agricultura-irrigada>>. Acesso em: maio 2013.

CBH-DOCE (2009). **Deliberação CBH-Doce nº 26, de 31 de março de 2011**, que dispõe sobre mecanismos e valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Doce. 8 p.

CBH-DOCE (2009). **Deliberação CBH-Doce nº 27, de 31 de março de 2011**, que aprova o Edital Conjunto nº. 01/2011, para seleção de Entidade Delegatária ou Equiparada para desempenhar funções de Agência de Água da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. 1 p.

CBH-DOCE (2009). **Anexo I da Deliberação CBH-Doce nº 27, de 31 de março de 2011**: Edital Conjunto nº. 01/2011, para seleção de Entidade Delegatária ou Equiparada para desempenhar funções de agência de água da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. 32 p.

CELULOSE NIPO BRASILEIRA - CENIBRA. **Relatório de Sustentabilidade 2011**. Disponível em: <<http://www.cenibra.com.br/cenibra/Cenibra/RelatorioAnual.aspx>>. Acesso em abril de 2013.

COBRAPE. 2009. **Relatório Final do Contrato 030/ANA/2009**. Comunicação interna.

DOMINGUES, A. F. Ação Institucional da Agência Nacional de Águas e o Setor Industrial. In: Agência Nacional de Águas. **Uso Racional da Água no Setor Industrial**. Brasília. 2013. p. 187-201. No prelo.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Las necesidades de agua de los cultivos**; FAO irrigation and drainage. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1977. 144 p. (Paper, 24).

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de solos. (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de Métodos de análise de solo**/ Centro Nacional de Pesquisa de solos. –2. ed. ver. Atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p.: il. (EMBRAPA – CNPS. Documentos; 1

EMBRAPA – **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/boletarqv/boletim21/aspiazu.pdf>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA – SNLCS. Micelânea, 1).

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - FIRJAN. **Manual de Conservação e Reuso de Água na Indústria**. Rio de Janeiro. 2006. 38 p.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO SÃO PAULO - FIESP. *Conservação e reuso de água: Manual de orientações para o setor industrial*. Volume 1. São Paulo. 2004. 92 p.

FÉRES, J. G.; THOMAS, A.; REYNAUD, A. **Reuso de água nas indústrias da bacia do Rio Paraíba do Sul**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2007, São Paulo. *Anais...* São Paulo. 2007. 19 p.

FRIZZONE, J.A.; FREITAS, P.S.L.; REZENDE, R.; FARIA, M.A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem, 2012. 356 p.

GERBENS-LEENES, P.W.; HOEKSTRA, A.Y. **Business water footprint accounting**. 2008. Disponível em: <<http://www.waterfootprint.org/Reports/Report27BusinessWaterFootprint.pf>>. Acesso em maio de 2013.

GERDAU. **Relatório Anual 2012**. Disponível em: <<http://gerdau.foinvest.com.br/ptb/5382/2012RelatorioAnualCompleto.pdf>>. Acesso em abril de 2013.

GOMES, H B.. 2009. **Eficiência hidráulica e energética em saneamento**. Editora Universitária – UFPB

GOUBERT, J. P. 1990. **La santé et l'hygiène jusqu'à nos jours**. In: BERNADIS, M. A.; NESTEROFF, A. (orgs.). *Le Grand Livre de l'Eau*. Paris: La Manufacture et La Cité des Sciences et de l'Industrie. p.153-160.

HERINGER - FERTILIZANTES HERINGER. **Relatório de Sustentabilidade 2011**. Disponível em: <[http://www.heringer.com.br/heringer/web/conteudo\\_pt.asp?idioma=0&tipo=2303&conta=28&id=165250](http://www.heringer.com.br/heringer/web/conteudo_pt.asp?idioma=0&tipo=2303&conta=28&id=165250)>. Acesso em abril de 2013.

HESPANHOL, I. Uso da Água na Indústria. In: Agência Nacional de Águas. **Uso Racional da Água no Setor Industrial**. Brasília. 2013. p. 57-71. No prelo.

HESPANHOL, I.; MAY, S. Fontes Alternativas de Abastecimento de Água. In: Agência Nacional de Águas. **Uso Racional da Água no Setor Industrial**. Brasília. 2013. p. 75-90. No prelo.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - IBRAM. **Gestão dos Recursos Hídricos e Mineração**. Brasília. 2006. 334 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Introdução a Classificação Nacional de Atividades Econômicas** – CNAE 2.0. 2010. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/concla/pub/revisao2007/PropCNAE20/CNAE20\\_Introducao.pdf](http://www.ibge.gov.br/concla/pub/revisao2007/PropCNAE20/CNAE20_Introducao.pdf). Acesso em maio de 2013.

KLEIN, D. Estado amplia **ProdutorES** de Água para novas bacias do Espírito Santo. Disponível em <http://www.seag.es.gov.br/?p=5433>. Acesso em 27 abr 2013.

LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação. Campinas: SBCS, 1983.

LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI, J.R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

LIEBMANN, H., 1979. **Terra, um planeta inabitável: da antiguidade até os nossos dias, toda a trajetória poluidora da humanidade**. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército.

LUDWIG, R.; SCHNEIDER, P. Validation of digital elevation models from SRTMx SAR for applications in hydrologic modeling. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, v.60, p.339-358, 2006.

MARTINS, V. S.; GUEDES, H. A. S.; CAPOBIANGO, G. V.; SILVA, D. D. da; **A importância do condicionamento hidrográfico no estudo morfométrico de bacias**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.5418

MENEZES, L. C. C., 1984. Considerações sobre saneamento básico, saúde pública e qualidade de vida. *Revista de Engenharia Sanitária*. (23)1:55-61.

MIRANDA, E.E.de. (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 14 mar. 2013.

MMA - Ministério do Meio Ambiente, Secretária de Recursos Hídricos. **Relatório Final dos Coeficientes Técnicos de Recursos Hídricos das Atividades Industrial e Agricultura Irrigada**. Brasília – DF: MMA. 2011. 247 p.

MURAMOTO, J. et al. **Adequação do uso das terras de Piracicaba (SP)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 1993, Goiânia. Resumos... Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p.405-6.

PEREIRA, S.B., PRUSKI, F.F., SILVA, D.D., MATOS, A.T. Desprendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, 2003.

PIOTTO, Z. Gestão e Conservação de Água na Indústria. In: Agência Nacional de Águas. **Uso Racional da Água no Setor Industrial**. Brasília. 2013. p. 21-53. No prelo.

PIRH – Doce. **Plano integrado de recursos hídricos da Bacia hidrográfica do rio Doce e planos de ações para as unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da Bacia do rio Doce**. Consórcio ECOPLAN-LUME. 2010.

**PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA**. ANA. Disponível em <http://produtordeagua.ana.gov.br/>. Acesso em 16 abr. 2013.

RAMOS, M. M.; PRUSKI, F. F. Subprojeto 4.3 – Quantificação e análise da eficiência do uso da água pelo setor agrícola na bacia do São Francisco. In: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na Bacia do São Francisco: relatório final**. Brasília, 2003. 190p.

RIBEIRO, C.A.A.S.; SOARES, V.P.; OLIVEIRA, A.M.S.; GLERIANI, J.M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, v.29, n.2, p.203-212, 2005.

RIO GRANDE DO SUL. **Manual de Conservação de Solo e Água**. Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria da Agricultura. Porto Alegre, RS. 1983. 227 p.

RODRIGUEZ, R.D.G.; PRUSKI, F.F.; NOVAES, L.F.; RAMOS, M.M.; SILVA, D.D.; TEIXEIRA, A.F. Estimativa da demanda de água nas áreas irrigadas da bacia do rio Paracatu. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.172-179, jan./abr. 2007.

SAAE Viçosa, 2011. **Diminuir as perdas de água no sistema de distribuição é uma determinação do SAAE em Viçosa**. Disponível em <<http://www.saaevicosa.com.br/portal/?p=2547>>. Acessado em 22 de maio de 2013.

SAMARCO MINERAÇÃO. **Relatório Anual de Sustentabilidade 2011**. Disponível em: <<http://www.samarcoqueagentefaz.com.br/relatorio2011/>>. Acesso em abril de 2013.

SAMBUICHI, R. H. R. *et al*: **A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios**. IPEA. 17

SNIS (2012). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2010**. Disponível em <<http://www.snis.gov.br>>. Acessado em 15 de maio de 2013.

USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS – USIMINAS. **Relatório Anual 2008**. Disponível em: <[http://www.usiminas.com/irj/go/km/docs/prtl\\_hs/Corporativo/pt/BalancoRelatorio/2008/index.html](http://www.usiminas.com/irj/go/km/docs/prtl_hs/Corporativo/pt/BalancoRelatorio/2008/index.html)>. Acesso em abril de 2013.

USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS – USIMINAS. **Relatório Anual 2011**. Disponível em: <[http://www.usiminas.com/irj/servlet/prt/portal/prtroot/pcd!3aportal\\_content!2fusiminas!2fcomum!2fconteudo!2fviews!2fbr.com.su.i.iview.JAI\\_iView\\_Publica\\_do\\_KM/prtl\\_est/Corporativo/RelatorioDeSustentabilidade/2011/index.htm](http://www.usiminas.com/irj/servlet/prt/portal/prtroot/pcd!3aportal_content!2fusiminas!2fcomum!2fconteudo!2fviews!2fbr.com.su.i.iview.JAI_iView_Publica_do_KM/prtl_est/Corporativo/RelatorioDeSustentabilidade/2011/index.htm)>. Acesso em abril de 2013.

VALE S.A. **Relatório de Sustentabilidade 2011**. Disponível em: <[http://www.vale.com/PT/aboutvale/sustainability/links/LinksDownloadsDocuments/R\\_S2011\\_pt.pdf](http://www.vale.com/PT/aboutvale/sustainability/links/LinksDownloadsDocuments/R_S2011_pt.pdf)>. Acesso em abril de 2013.

VALERIANO, M. de M. **Modelo Digital de Elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São Jose dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004. 72 p. (INPE-10550-RPQ/756).

VALERIANO, M. M.; KUPLICH, T. M.; STORINO, M.; AMARAL, B. D.; MENDES JÚNIOR., J. N.; LIMA, D. Modeling small watersheds in Brazilian Amazônia with SRTM-90m data. **Computers & Geosciences**, v.32, n.8, p.1169-1181, 2006.

VALERIANO, M. de M. Dados topográficos. In: FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. cap. 3, p. 72-104.

VENTURINI, M.A.A.G; Barbosa, P.S.F. & Luvizotto Jr., E. (2001). **Estudo de Alternativas de Reabilitação para Sistemas de Abastecimento de Água**. In: XIV *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Aracaju-SE, Brasil.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3a, Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452p.