

# Validação de um coeficiente agroambiental no sistema de cobrança do uso da água utilizando técnicas de Geoprocessamento

## VALIDATION OF AN AGRO-ENVIRONMENTAL COEFFICIENT IN THE WATER USE CHARGE SYSTEM USING THE GEOPROCESSING TECHNIQUES

Walter Rocha de Figueiredo  
Aluno do Curso de Mestrado em Ciências Ambientais - UNITAU  
Getúlio Teixeira Batista  
Serafim Daniel Ballesterio  
Marcelo dos Santos Targa  
Professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - UNITAU

### RESUMO

Recentemente o sistema de cobrança pelo uso da água da calha principal do rio Paraíba do Sul foi estabelecido. O sistema de cobrança para o setor rural desta bacia está sendo desenvolvido com projeto de lei, em estudo, no legislativo. O uso apropriado da terra e a observância da legislação ambiental pode melhorar a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos. O objetivo da legislação é garantir fundos para recuperar áreas degradadas e, em consequência, os recursos hídricos. Baseado na lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, o Comitê de Integração da Bacia do Paraíba do Sul (CEIVAP) propôs uma fórmula para cobrança pelo uso da água nesta Bacia. Baseado nesta fórmula, o Comitê Paulista das Bacias do Paraíba do Sul (CBH-PS) propõe que, em vez de se arrecadar recursos pela cobrança pelo uso de água e, posteriormente, aplicar esse recurso para a restauração da bacia; estabelecer um coeficiente que habilitaria os produtores rurais que já estejam com uso adequado da terra e em acordo com a legislação ambiental, ter uma redução na quantia a ser cobrada pelo uso da água. Dessa forma, este coeficiente refletiria a situação de proteção dos recursos naturais em uma propriedade rural, baseado em exigências legais e na adequabilidade de uso da terra conforme sua capacidade. Assim, este trabalho propõe desenvolver uma metodologia para avaliar um coeficiente agroambiental aplicado a propriedades rurais existentes e

avaliar formas de adaptação deste coeficiente agroambiental para melhor refletir a melhoria dos recursos hídricos baseado em informação derivada de Sensoriamento Remoto e verificação de campo.

### PALAVRAS-CHAVE

Uso da água. Sensoriamento remoto. Legislação ambiental. Uso de terra. Bacia hidrográfica. Cobrança pelo uso da água.

### INTRODUÇÃO

O mundo hoje apresenta uma grande preocupação com a escassez dos recursos hídricos. De fato, em março de 2000, foi realizado o II Fórum Mundial da Água, em Haia, Holanda, que resultou na Declaração Ministerial de Haia sobre a Segurança da Água no Século XXI. Nesse Fórum foi ressaltada a importância dos países em desenvolvimento na oferta de água no mundo. Nesse contexto, as dimensões continentais e a quantidade de água e disponibilidade hídrica per capita do Brasil de aproximadamente 10.000 m<sup>3</sup>/hab. ano, sem se considerar a Amazônia Brasileira, é muito superior ao índice de 2.500 m<sup>3</sup>/hab.ano, considerado suficiente para o exercício normal das atividades humanas (POMPEU, 2000). Existem, contudo, regiões em que esse índice é inferior a 1.700 m<sup>3</sup>/hab.ano, o que é uma situação de alerta de escassez hídrica, segundo índices propostos por Beekman (1998), como ocorre na Bacia do Mogi-Guaçu, no Estado de São Paulo.

Há regiões, com menos de 500 m<sup>3</sup>/hab.ano, o que evidencia uma situação de escassez hídrica absoluta, tal como ocorre nas bacias hidrográficas do Piracicaba e do Alto-Tietê, onde se insere a Região Metropolitana de São Paulo, assim como na região metropolitana do Rio de Janeiro e no semi-árido brasileiro. (RIBEIRO, 2001; CAMPOS 2001).

O marco inicial do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil pode ser considerado o dia 10/07/1934, quando foi decretado o Código de Águas. Esse Código tratou de aproveitamentos hidrelétricos e da utilização múltipla dos recursos hídricos. Somente após a promulgação da Constituição Federal de 1988, é que se definiu a estrutura da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Mediante a aprovação da Lei 9.433, a Lei das Águas, em 08/01/1997 (BRASIL, 1997), com a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), entidade federal criada em 2000, com competência para implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e coordenar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos é que se avançou na gestão dos recursos hídricos. Cabe a ANA a implantação e aplicação da Lei 9.433/97, segundo os princípios, instrumentos de ação e arranjo institucional previstos (Conselho Nacional de Recursos Hídricos, comitês de bacias hidrográficas, agências de água e órgãos e entidades federais, estaduais e municipais). A Lei 9.984/00, de criação da ANA, também instituiu um percentual do valor da compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, objeto da Lei 7.990/89, como pagamento pelo uso da água nas usinas hidrelétricas, a ser aplicado prioritariamente na bacia hidrográfica em que esses recursos forem arrecadados, em conformidade com a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997; KELMAN, 2000).

Os problemas ocasionados pela forma inadequada de uso do solo e a inobservância da legislação têm refletido negativamente nos recursos hídricos e têm sido motivo de grande preocupação, principalmente, por parte dos órgãos governamentais e não governamentais (ONGs) devido ao grande impacto causado pela degradação do solo atribuído aos fatores

antrópicos. Em consequência, vários mecanismos de gestão têm sido propostos para recuperação das áreas degradadas. Um desses mecanismos propostos recentemente é o sistema de cobrança pelo uso da água. (PEREIRA, 1996). Entretanto, a cobrança instituída como mecanismo de gestão, vem preocupando os proprietários rurais, que temem pelo aumento do custo de produção e diminuição do lucro (POMPEU, 2000). A Lei 9.433, de 8 de Janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos dá origem a uma discussão para implementação da deliberação N° 08/2001 do Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul que "Dispõe sobre a Implantação da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos na Bacia do Rio Paraíba do Sul a partir de 2002" (CEIVAP, 2001). A partir desta discussão, a Comissão de Estudos da Cobrança da Água do Setor Rural Comitê das Bacias Hidrográficas do Paraíba do Sul, de acordo com a targa et al. 2002, instituída pelo Comitê das bacias Hidrográficas do Paraíba do Sul (CBH-PS) em 2002, propôs a aplicação do Coeficiente Redutor Agro-Ambiental (CAA) na fórmula de cobrança proposta. Este coeficiente é composto por um componente agropecuário e por um componente ambiental. A aplicação deste coeficiente pode ter respaldo em mecanismos compensatórios e propõe refletir o estado de proteção dos recursos naturais em uma propriedade rural, com base nas exigências legais e na adequação do uso do solo à sua capacidade. (POMPEU, 2000). Desta forma, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma metodologia para avaliar o Coeficiente Redutor Agro-ambiental em propriedades rurais, com base em técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Foram selecionadas duas propriedades existentes na Bacia do Rio Una, doravante designadas, Fazenda A e Fazenda B, município de Taubaté, região do Vale do Paraíba, SP, entre os paralelos 23° 13' e 23° 7" de latitude sul e os meridianos 45° 34' e 45° 26" de longitude oeste de Greenwich, onde foram estima-

dos os coeficientes redutores agro-ambiental propostos pela comissão CT-ECA do CBH-PS para cada uma das propriedades. Essa estimativa envolveu a verificação da adequação do uso da propriedade à sua capacidade de uso e o estado de conservação das áreas de preservação permanentes (APPs), prevista no Código Florestal na Resolução Conama 303/2002, BRASIL, 2002b

#### **Estimativa do Coeficiente Agropecuário**

O Coeficiente Agropecuário (CAP) é um indicativo de como o solo está sendo utilizado na propriedade e indica a adequação do uso à capacidade inerente do solo isto é, o CAP é avaliado como o percentual de uso atual do solo que está em acordo com o uso recomendado daquele solo. Para se obter o CAP é necessário avaliar cada gleba da propriedade i.e. áreas pertencentes a uma classe de solo/declividade, e enquadrá-las nas Classes de Capacidade de Uso da Terra (CCUT, conforme conceituado por Lepsch, (1983) e CATI, (1994). Para o cálculo deste coeficiente foram coletadas amostras de solos em campo, que foram analisadas em laboratório para a identificação das limitações de uso e para o enquadramento na CCUT, conforme metodologia proposta por (LEPSCH,1983). Após a obtenção do mapa de CCUT de cada propriedade estudada, este foi cruzado com o Mapa de Uso Atual da Terra obtido utilizando-se o SPRING, de acordo Câmara et al., (1996), que é um SIG (Sistema de Informações Geográficas) integrado a um sistema de processamento de imagens. A metodologia desta pesquisa envolveu visita ao campo, com base na análise prévia das fotografias aéreas ortorretificadas na escala de 1:3010.000, termos da legislação ambiental vigente Lei 4771/65 e na Resolução Conama 303/02, Brasil, (2002b) que serviu para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) incluindo topos de morros, declividades maior do que 45°, margens de rios, lagos e represas, nascentes e altitude. Visitas ao campo foram necessárias para o reconhecimento da área a ser estudada, caracterização pedológicas e coleta de amostras para análise e enquadramento do uso do solo nas classes de capacidade de uso da terra (CCUT), levando-se em conta diversos critérios que inclui a identificação dos fatores limitantes à produção agrícola, proposto por (LEPSCH 1983). Foram analisadas diversas

amostras de solo em que foram avaliadas as características físicas (textura e permeabilidade) e características químicas como Saturação de Bases (V%) e Saturação de Alumínio (m%) para avaliar o grau de fertilidade do solo.

#### **Caracterização do Uso da Terra.**

A aplicação mais comum de aerofotos ocorre em trabalhos de mapeamento. Em extensas áreas, mapas planialtimétricos podem ser feitos, a partir de tais fotografias, com grande precisão e de forma mais rápida e econômica que os levantamentos com instrumentais de campo (WOLF, 1974).

Nesse trabalho, utilizou-se a base de dados de Batista (2005), com relação ao projeto Una, que está sendo desenvolvido pela Universidade de Taubaté, com apoio do CBH-PS e recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. Dessa forma, realizou-se uma interpretação em tela de computador de um mosaico ortorretificado, com resolução espacial de 0,60m que foi obtido com base em aerolevanteamento realizado em fevereiro de 2003, na escala original de 1:30.000, utilizando-se fotografias aéreas coloridas, com 60% de recobrimento longitudinal e 30% lateral. O uso atual da terra foi obtido a partir da interpretação com a caracterização das seguintes classes: reflorestamento, pastos, agriculturas, lagos e represas, mata, capoeira, em cada uma das fazendas estudadas. (BATISTA et al., 2005).

#### **Estimativa do Coeficiente Ambiental**

O coeficiente ambiental (CAB) foi obtido usando técnicas de Geoprocessamento com o objetivo de se gerar o mapa de cada propriedade com as "Áreas de Preservação Permanente" (APPs) e que incluem: nascentes, margens de rios, declividade acima de 45°, e topo de morros com base em um mapa de declividade, obtido a partir da construção de um modelo numérico do terreno tendo como base as cartas 1:10.000 do Instituto Geográfico e Cartológico do Estado de São Paulo (1977) e a legislação ambiental Lei 4771/65 e Resolução Conama 302/2002, Brasil (2002b). Esta etapa do trabalho baseou-se no uso de funções no estado da arte de sistemas de informações geográficas (disponibilizadas na versão 3.6.03 do SPRING) (CÂMARA et al., 1996). O cruzamento do mapa de uso da terra com o mapa de APPs permitiu a geração do coeficiente ambiental.

## **RESULTADOS**

Mapa de Uso Atual do Solo. A figura 1 mostra os mapas do uso atual da terra das Fazendas A e B, com a respectiva legenda. Verifica-se que a classe de uso

dominante é o pasto, condicionado principalmente pela topografia acidentada. Verifica-se também a ocorrência de mata/capoeira e de reflorestamento

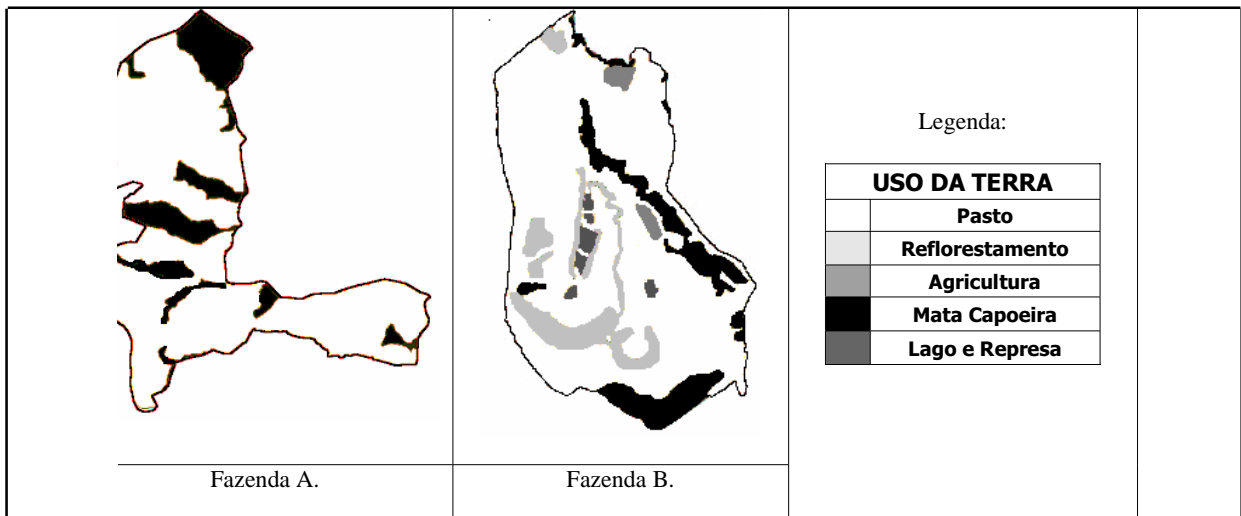


Figura 1. Mapa de uso da terra das fazendas estudadas.

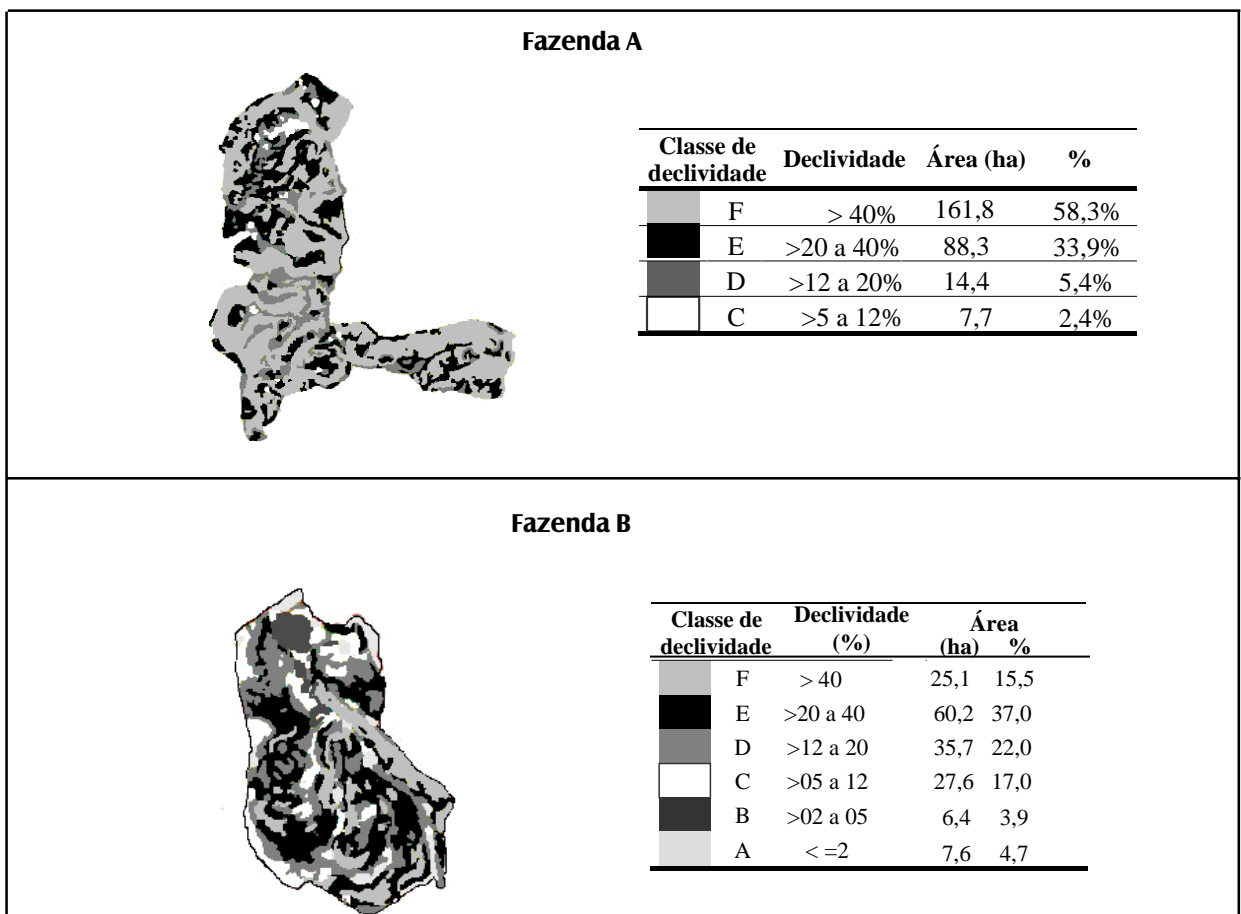


Figura 2. Mapa de glebas (A, B, C, D, E, F) delimitadas em função da classe de declividade e correspondente declividade (%) e área (ha) de ocorrência na Fazenda A e Fazenda B.

### Delimitação das Glebas

Com base no mapa de declividade derivado do modelo numérico do terreno, ambas as Fazendas A e B foram delimitadas em glebas que estão associadas a uma determinada classe de capacidade de uso da terra, gerando-se assim o mapa de glebas (Figura 2).

### Classes de Capacidade de Uso e o Uso Atual

Nas Tabelas 1 e 2 é mostrada a ocorrência das classes de uso/cobertura da terra para cada gleba das Fazendas A e B, respectivamente, devidamente enquadradas na sua capacidade de uso (classes I, II, III, IV, V, VI e VII), assim como, sua legenda, cujos símbolos indicados por letras minúsculas representam a limitação de uso dessas classes, conforme Lepsch (1983) para cada gleba ou classe de declividade.

Verifica-se na Tabela 1 que na Fazenda A predominam relevos declivosos (classes C a F) e apenas as classes de uso da terra referente à pastagem e mata/capoeira. A Fazenda B (Tabela 2) apresenta uma variação maior de classes de declividade, entretanto, também as classes com maior área são as mais declivosas. A maioria da vegetação arbórea se encontra nas áreas mais declivosas o que contribui para a contenção da erosão.

### Coefficiente Agro-pecuário (CAP)

Com base na classificação de cada gleba ou classe de relevo na sua CCUT e no mapa de uso da terra, foram calculados os coeficientes agro-pecuários (CAP), conforme proposto pela CT-ECA (TARGA et al., 2002) para ambas as fazendas estudadas (Tabelas 3 e 4).

Tabela 1. Área (ha) de ocorrência das classes de Uso da Terra para as Glebas C, D, E e F, de acordo com as classes de capacidade de uso da terra (CCUT) para a Fazenda A.

| Gleba  |         | Mata/Capoeira | Pasto | Total |       |
|--------|---------|---------------|-------|-------|-------|
| Classe | CCUT    |               |       | (ha)  | (%)   |
| C      | IVe-5   | 1,1           | 6,6   | 7,7   | 3     |
| D      | VIe-5   | 2,2           | 12,2  | 14,4  | 5     |
| E      | VIe-1   | 13,4          | 75,0  | 88,3  | 33    |
| F      | VIIIe-6 | 34,3          | 127,5 | 161,8 | 59    |
| Total  | (ha)    | 51,0          | 221,3 | 272,2 |       |
|        | (%)     | 18,7          | 81,3  |       | 100,0 |

Tabela 2. Área (ha) de ocorrência das classes de Uso da Terra para as Glebas A, B, C, D, E e F, de acordo com as classes de capacidade de uso da terra (CCUT) para a Fazenda B.

| Gleba  |        | Pasto | Reflorestamento | Agricultura | Mata Capoeira | Lago e Represa | Total |       |
|--------|--------|-------|-----------------|-------------|---------------|----------------|-------|-------|
| Classe | CCUT   |       |                 |             |               |                | (ha)  | (%)   |
| A      | I      | 5,7   | 0,6             | 0,1         | 0,6           | 0,2            | 7,2   | 5     |
| B      | II     | 5,4   | 0,4             | 0,2         | 0,3           | 0,2            | 6,5   | 4     |
| C      | IIIe-2 | 22,5  | 0,9             | 0,1         | 1,4           | 1,3            | 26,2  | 16    |
| D      | Vs-4   | 31,4  | 2,0             | 0,3         | 1,1           | 0,7            | 35,5  | 22    |
| E      | VIe-2  | 46,3  | 7,6             | 0,3         | 5,5           | 0,3            | 59,9  | 37    |
| F      | VIIe-1 | 13,9  | 2,7             | 0,0         | 8,5           | 0,0            | 25,1  | 16    |
| Total  | (ha)   | 125,2 | 14,2            | 1,0         | 17,4          | 2,7            | 160,5 |       |
|        | (%)    | 78,1  | 8,8             | 0,6         | 10,8          | 1,7            |       | 100,0 |

Tabela 3 - Cálculo do Coeficiente Agro-Pecuário (CAP) para a Fazenda A, com base na ocorrência das classes de capacidade de uso da terra.

| Classes de Capacidade de uso | Área Mapeada (ha) | Área de uso adequado (ha) |
|------------------------------|-------------------|---------------------------|
| I                            | -                 | -                         |
| II                           | -                 | -                         |
| III                          | -                 | -                         |
| IV                           | 7,7               | 7,7                       |
| V                            | -                 | -                         |
| VI                           | 102,7             | 87,2                      |
| VII                          | -                 | -                         |
| VIII                         | 161,8             | 34,3                      |
| TOTAL                        | A=272,2           | B=129,2                   |
| CAP                          | = B/A * 100       | 47,5%                     |

O CAP é obtido pela divisão da área de uso adequado pela área da CCUT que ocorre na propriedade, obteve-se para a Fazenda A, um CAP no valor de 47,5% e para a B, um CAP no valor de 100,0%. Comparando-se os dois valores observa-se que na Fazenda B, o uso atual da propriedade está perfeitamente em consonância com a classe de capacidade de uso da terra da propriedade. Entretanto, para a Fazenda A o CAP resultou em um valor bem mais baixo, indicando que essa propriedade apresenta do ponto de vista agrônômico uso indevido do solo. Esses usos referem-se as classes de uso do solo VI e VIII que prevêem apenas uso florestal e estão sendo indevidamente utilizadas por pastagens.

#### Coeficiente Ambiental (CAB).

O Coeficiente Ambiental (CAB), dentro da proposi-

Tabela 4 - Cálculo do Coeficiente Agro-Pecuário (CAP) para a Fazenda B, com base na ocorrência das classes de capacidade de uso da terra

| Classes de Capacidade de uso | Área Mapeada (ha) | Área de uso adequado (ha) |
|------------------------------|-------------------|---------------------------|
| I                            | 7,2               | 7,2                       |
| II                           | 6,3               | 6,3                       |
| III                          | 26,2              | 26,2                      |
| IV                           | -                 | -                         |
| V                            | 35,5              | 35,5                      |
| VI                           | 59,9              | 59,9                      |
| VII                          | 25,1              | 25,1                      |
| VIII                         | -                 | -                         |
| TOTAL                        | A=160,2           | B=160,2                   |
| CAP                          | = B/A * 100       | 100,0%                    |

ção da CT-ECA/CBH-PS (TARGA et al., 2002) reflete a existência de vegetação florestal na forma exigida pelo Código Florestal nas áreas de preservação permanente das propriedades. O CAB revela em termos percentuais a proporção de APP protegidas em relação à área total de APP dentro da propriedade.

Na Tabela 5, verifica-se que a Fazenda A possui 63% de sua área com APP que, deveria estar preservada. Entretanto, observa-se que a maior parte (mais do que 79%) dessas APPs está ocupada com pastagem, e apenas 21% estão de fato cobertos com vegetação florestal (mata/capoeira). De forma similar a Tabela 6 mostra que, 56% da Fazenda B correspondem às áreas de APPs e, apenas 14% ou seja 12,7 ha do total de 90,3 ha possuem formação florestal (mata/capoeira).

Nas tabelas 5 e 6 são apresentadas os usos atuais da APPs nas fazendas A e B, respectivamente

Tabela 5. Cruzamento entre as classes de uso atual da terra e APPs na Fazenda A.

| Uso da Terra \ APPs | Mata/Capoeira | Pasto | Total |     |
|---------------------|---------------|-------|-------|-----|
|                     | ha            | ha    | (ha)  | (%) |
| Rios                | 17,5          | 32,0  | 49,5  | 18  |
| Topos de morro      | 15,3          | 92,0  | 107,3 | 40  |
| Nascentes           | 2,0           | 12,9  | 14,9  | 5   |
| >45 graus           | 0,9           | 0,2   | 1,1   | 0   |
| Total               | 35,7          | 137,1 | 172,8 | 63  |

A metodologia proposta pela CT-ECA/CBH-PS(TARGA et al. 2002) não delimita, a priori, as áreas de APPs, e considera a área total de floresta. Dessa forma, são apresentadas nas Tabelas 7 e 8, as áreas de APPs delimitadas conforme o código florestal e as áreas de APP efetivamente preservadas para as Fazendas A e B, respectivamente.

A grande vantagem da abordagem do cálculo desse coeficiente utilizando-se um Sistema de Informações Geográficas (SIG) é que se obtém não somente o valor numérico do coeficiente, mas também se pode identificar e localizar onde se encontra a não-conformidade. (RIBEIRO; CAMPOS, 1999). Essa informação é fundamental para um planejamento de recuperação

de áreas de uso indevido do solo ou áreas degradadas.

Pela Tabela 7, verifica-se que para a Fazenda A obteve-se um valor de CAB de 29,5 % que foi maior do que o CAB 19,2 % obtido para a Fazenda B na Tabela 8. Esse resultado era esperado pelas observações de campo que demonstraram que a Fazenda B apresenta proporção de floresta com essências nativas menor e indica claramente a necessidade de se buscar outros fatores para o cálculo do CAB para melhor refletir a realidade de preservação e conservação de uma propriedade rural visando à qualidade dos recursos hídricos.

Tabela 6. Cruzamento entre as classes de uso atual da terra e APPs na Fazenda B.

| Uso da Terra / APPs | Mata Capoeira | Agricultura | Pasto       | Reflorestamento | Pasto Sujo | Corpos d'água. | Total       |           |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|-----------------|------------|----------------|-------------|-----------|
|                     | (ha)          |             |             |                 |            |                | (ha)        | (%)       |
| Lagos e Represas    | 0,0           | 0,0         | 1,6         | 0,5             | 0,0        | 0,3            | 2,4         | 1         |
| Rios                | 5,8           | 0,6         | 14,4        | 0,4             | 0,4        | 0,1            | 21,7        | 14        |
| Topos de morro      | 6,6           | 0,0         | 47,0        | 10,9            | 0,1        | 0,0            | 64,6        | 40        |
| Nascentes           | 0,3           | 0,0         | 1,5         | 0,0             | 0,0        | 0,0            | 1,8         | 1         |
| >45 graus           | 0,0           | 0,0         | 0,0         | 0,0             | 0,0        | 0,0            | 0,0         | 0         |
| <b>Total</b>        | <b>12,7</b>   | <b>0,6</b>  | <b>64,5</b> | <b>11,8</b>     | <b>0,5</b> | <b>0,4</b>     | <b>90,5</b> | <b>56</b> |

Tabela 7. Área de APP delimitada conforme o Código Florestal (exigida por lei) e a área de APP efetivamente preservada da Fazenda A para o cálculo do coeficiente agro-ambiental (CAB).

| APPs                       | Área Exigida por Lei (ha) | Área Preservada (ha) |
|----------------------------|---------------------------|----------------------|
| Lagos/represas             | -                         | -                    |
| Rios                       | 49,5                      | 17,5                 |
| Topos de morro             | 107,3                     | 15,4                 |
| Nascentes                  | 14,9                      | 2,0                  |
| Áreas com inclinação > 45° | 1,1                       | 0,9                  |
| <b>SUBTOTAL</b>            | <b>172,8</b>              | <b>35,8</b>          |
| Floresta fora de APP       | -                         | 15,2                 |
| <b>TOTAL</b>               | <b>(C) 172,8</b>          | <b>(D) 51,0</b>      |

$$\text{CAB} = (D / C) * 100 \quad \text{à} \quad \text{CAB} = 29,5\%.$$

Pela Tabela 6 verifica-se ainda que a Fazenda B apresenta vários usos indevidos pois, dos 90,5 ha de APPs que a propriedade apresenta, a maior parte é ocupada indevidamente por pastagem (64,5 ha). Apenas 12,7

ha que correspondem a 14% das APPs são ocupados com vegetação florestal de espécies nativas. Nas APPs, o único uso permitido é floresta de espécies nativas, assim, ambientalmente essa proprieda-

dade está com uso indevido em sua grande parte.

É importante ressaltar que não se consideram nesse cálculo as áreas de reserva legal, nem a área total da propriedade. Em termos de contribuição para a qualidade dos recursos, ambos fatores são relevantes. Outra observação fundamental é que essa propriedade tem uma área significativa (11,8 ha) de reflorestamento com essências exóticas (*Pinus* e *Eucaliptus*) que foram plantados e formados para conter erosões severas (voçorocas e sulcos) e que é mantida com função florestal e ciliar. Embora esse fator seja ambientalmente de grande relevância, ele não é considerado no cálculo do CAB, conforme proposto pela CT-ECA/CBH-PS. (TARGA et al., 2002)

A grande vantagem da abordagem do cálculo desse coeficiente, utilizando-se um Sistema de Informações Geográficas (SIG), é que se obtém não somente o valor numérico do coeficiente, mas também se pode identificar e localizar onde se encontra a não-conformidade. (RIBEIRO e CAMPOS, 1999). Essa informação é fundamental para um planejamento de recuperação de áreas de uso indevido do solo ou áreas degradadas.

Pela Tabela 7, verifica-se que para a Fazenda A obteve-se um valor de CAB de 29,5 % que foi maior do que o CAB 19,2 % obtido para a Fazenda B na Tabela 8. Esse resultado era esperado pelas observações de campo que demonstraram que a Fazenda B

apresenta proporção de floresta com essências nativas menor e indica claramente a necessidade de se buscar outros fatores para o cálculo do CAB para melhor refletir a realidade de preservação e conservação de uma propriedade rural visando à qualidade dos recursos hídricos.

Pela Tabela 6, verifica-se ainda que a Fazenda B apresenta vários usos indevidos pois, dos 90,5 ha de APPs que a propriedade apresenta, a maior parte é ocupada indevidamente por pastagem (64,5 ha). Apenas 12,7 ha que correspondem a 14% das APPs são ocupados com vegetação florestal de espécies nativas. Nas APPs, o único uso permitido é floresta de espécies nativas, assim, ambientalmente essa propriedade está com uso indevido em sua grande parte.

É importante ressaltar que não se consideram nesse cálculo as áreas de reserva legal, nem a área total da propriedade. Em termos de contribuição para a qualidade dos recursos, ambos fatores são relevantes. Outra observação fundamental é que essa propriedade tem uma área significativa (11,8 ha) de reflorestamento com essências exóticas (*Pinus* e *Eucaliptus*) que foram plantados e formados para conter erosões severas (voçorocas e sulcos) e que é mantida com função florestal e ciliar. Embora esse fator seja ambientalmente de grande relevância, o mesmo não é considerado no cálculo do CAB.

Tabela 8. Área de APP delimitada conforme o Código Florestal (exigida por lei) e a área de APP efetivamente preservada da Fazenda B para o cálculo do coeficiente agro-ambiental (CAB).

| Tipos de APPs               | APP Existente<br>(ha) | APP Preservada<br>(ha) |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|
| Lagos/represas              | 2,4                   | 0,0                    |
| Rios                        | 21,7                  | 5,8                    |
| Topos de morro              | 64,6                  | 6,6                    |
| Nascentes                   | 1,8                   | 0,3                    |
| Áreas com inclinação > 45°  | 0,0                   | 0,0                    |
| SUBTOTAL                    | 90,5                  | 12,7                   |
| Floresta Nativa fora de APP | —                     | 4,7                    |
| TOTAL                       | (A) 90,5              | (B) 17,4               |

$$\text{CAB} = (\text{B} / \text{A}) * 100 \rightarrow \text{CAB} = (17,4 / 90,5) * 100 = 19,2\%$$



### **Coefficiente Agro-ambiental**

O coeficiente agro-ambiental (CAA) contempla informações agropecuária e ambiental da propriedade rural e pode ser obtido pela média aritmética dos dois coeficientes agropecuário e ambiental, previamente calculados.

Uma vez calculado o coeficiente agro-ambiental (CAA), propõe-se que ele seja aplicado no sistema de cobrança pelo uso da água em forma de desconto, tornando-se um coeficiente redutor da cobrança, similar aos redutores na cobrança do setor industrial, quando a indústria devolve a água utilizada sem poluição.

Considerando os coeficientes agropecuário e ambiental previamente calculados para as fazendas A e B, obtêm-se os seguintes resultados:

a) Fazenda A:  $CAA = (47,5 + 29,5) / 2$  □  $CAA = 38,5\%$ .

b) Fazenda B:  $CAA = (100,0 + 19,2) / 2$  □  $CAA = 59,6\%$ .

A Fazenda A apresentou um coeficiente agroambiental (CAA) de 38,5%, enquanto que para a Fazenda B o valor foi de 59,6%. Dessa forma, a Fazenda A gozaria de 38,5% de desconto sobre o valor a ser cobrado pelo uso da água e a Fazenda B gozaria de 59,6%.

Os resultados dos coeficientes indicam que a diferença de redução na cobrança pelo uso da água entre as duas fazendas foi pequena, considerando que a Fazenda B é melhor manejada que a Fazenda A. Observa-se ainda que em ambas as propriedades, as APPs de Topo de Morro representam um percentual significativo da área total das propriedades, o que torna o uso do solo bastante restrito pelo Código Florestal.

### **Discussão do Coeficiente Agro-ambiental**

Para um melhor entendimento do comportamento do CAA com relação às dimensões das áreas de APPs e Uso da Terra, fez-se uma simulação em que se consideram as áreas de APPs, as Áreas de Florestas Fora de APPs e a Área Total da Propriedade (ATP) e o uso do solo das duas propriedades estudadas e quatro outras propriedades hipotéticas F1, F2, F3 e F4 com uma área total de 1000ha cada uma. A primeira propriedade (F1) tem 20% em APPs, e toda a área de APP está devidamente preservada. As demais propriedades têm 800 ha em APPs, cada uma, e o uso recomendado destas propriedades foi mapeado em 100% de uso adequado, i.e. todas as propriedades hipotéti-

cas têm uso de acordo com a CCUT (Tabela 9). As APPs das propriedades F2, F3 e F4 ocupam área muito maior do que na F1. Todas as propriedades hipotéticas, de forma similar à Fazenda B, têm um CAP igual a 100%, sendo que as propriedades F1 e F2 têm um CAA também igual a 100% estimados pela metodologia proposta pela CT-ECA/CBH-PS (TARGA et al., 2002). Enquanto que as propriedades F3 e F4 apresentam um CAA menor, igual a 50%, pelo fato das APPs não estarem preservadas. (Tabela 9).

Em termos de contribuição para os recursos hídricos é evidente que a F2, por ter uma área de floresta bem maior, irá contribuir muito mais do que a F1, embora ambas apresentem o mesmo valor para o CAA pela metodologia da CT-ECA/CBH-PS (TARGA et al., 2002)

Analisando as propriedades F3 e F4 observa-se que elas apresentam coeficientes similares (CAP, CAB e CAA). (Tabela 9). Entretanto, a F4 tem uma área adicional de floresta de 200ha, fora de APPs, que irá contribuir adicionalmente para a melhoria dos recursos hídricos. Portanto, há que se considerar também a Área Total da Propriedade (ATP), o tamanho absoluto das áreas de APPs e as áreas Florestadas Fora de APP (AFF) no cálculo do CAA para que esse coeficiente possa ser devidamente usado como um fator redutor no sistema de cobrança pelo uso da água.

Dessa forma, nesse trabalho é proposto um novo Coeficiente Agro-Ambiental em que no cálculo desse CAA sejam incorporadas as áreas de floresta fora de APPs (AFF) e o tamanho total da propriedade (ATP). Dessa forma, antes do cálculo do CAA é calculado um coeficiente, aqui denominado de coeficiente da área total preservada (CAT) da seguinte forma:

$$CAT = (APP \text{ Preservada} * 2 + AFF) * 100 / (ATP + APP \text{ Preservada}) \quad [\%]$$

Finalmente, pode-se calcular o CAA proposto da seguinte forma:

$$CAA \text{ (Proposto)} = (CAB + CAP + CAT) / 3$$

Dessa forma, o CAA proposto neste trabalho, embora apresente valores menores do que o CAA proposto pela CT-ECA/CBH-PS segundo Targa et al., 2002, pode refletir melhor a contribuição efetiva para os recursos hídricos. Mesmo uma propriedade grande com uso do solo totalmente adequado e com todas as APPs preservadas pode não atingir um valor de CAA igual a 100%, como é o caso das propriedades F1 e F2, pois

ainda possuem áreas não-florestais na propriedade

A Medida Provisória 2.166/67, de 24 de agosto de 2001, em vigor, que trata da Reserva Legal, estabelece que cada propriedade deverá ter 20% de área de reserva legal na região sudeste do país e que estas áreas poderiam ser incorporadas nas APPs, se a área de APP ocupar mais do que 50% da propriedade, logo uma propriedade não poderá ter menos de 20% de área conservada. Entretanto, em regiões montanhosas, como é o caso da região estudada, as áreas de APPs, especialmente de topo de morros ocupam, em geral, bem mais do que 20% das propriedades. No presente trabalho, as propriedades estudadas, Fazendas A e B, apresentam 63% e 56%, em APPs, respectivamente.

Considerando o exposto, recomenda-se que as propriedades, que tiverem suas áreas de APPs devidamente preservadas, recebam um incentivo escalonado até 100%, podendo até ocorrer do proprietário ficar isento do valor total a ser cobrado (100%), por conta de seu investimento na preservação de sua propriedade, pois ela efetivamente estará contribuindo para a melhoria dos recursos hídricos.

Por outro lado, APPs referentes aos topos de morros, montes, serras e montanhas requerem grande esforço interpretativo do analista e, portanto, recomendamos precaução no uso dos resultados referentes a essa classe, pois o mapa de APPs é fortemente dependente da escala de trabalho e resolução da grade

do modelo numérico do terreno usado na delimitação dessas áreas.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 9, sugere-se que toda propriedade que tiver suas áreas de APPs protegidas e que esteja tomando medidas de conservação do solo, segundo Lombardil Neto e Bertoni (1999), tais como: impedimento do acesso do gado às margens dos rios, medidas de contenção de erosão nas trilhas formadas pelo deslocamento do gado, medidas de contenção de erosões com reflorestamento, proteção das APPs com cercamento, reutilização dos dejetos dos animais e outras medidas de contenção de degradação como o manejo e práticas de uso do solo que evitem o super-pastoreio, poderia usufruir um desconto adicional no sistema de cobrança da água como um incentivo a mais para o proprietário rural tornar-se ambientalmente correto. De fato, esse é o caso da Fazenda B em que o desconto pela CT-ECA/CBH-PS seria de 59,6% e o desconto sugerido nesse trabalho seria de 43,3%. Entretanto, como esta propriedade está tomando medidas de conservação, como as acima citadas, poderia ser beneficiada com um desconto adicional.

O uso do Coeficiente Redutor Agroambiental como instrumento de gestão é um incentivo também para o proprietário que não toma medidas de conservação ambiental da sua propriedade, de uma forma educativa, a se adequar à legislação ambiental tendo como benefício descontos significativos na cobrança pelo uso da água.

Tabela 9. Estimativa dos coeficientes agropecuário (CAP), ambiental (CAB), agro-ambiental proposto pela CT-ECA/CBH-PS (CAA), coeficiente de área total preservada (CAT) e o coeficiente agro-ambiental proposto neste trabalho (CAA Proposto).

| Uso do Solo         | Propriedades Estudadas |        | Propriedades Hipotéticas |        |        |        |
|---------------------|------------------------|--------|--------------------------|--------|--------|--------|
|                     | FA                     | FB     | F1                       | F2     | F3     | F4     |
| ATP                 | 279,1                  | 162,5  | 1000,0                   | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 |
| APP Existente       | 171,3                  | 90,3   | 200,0                    | 800,0  | 800,0  | 800,0  |
| APP preservada      | 35,8                   | 12,7   | 200,0                    | 800,0  | 0,0    | 0,0    |
| Uso Mapeado         | 272,1                  | 160,3  | 1000,0                   | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 |
| Uso Adequado        | 129,2                  | 160,3  | 1000,0                   | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 |
| AFF                 | 15,2                   | 4,7    | 50,0                     | 50,0   | 0,0    | 200,0  |
| CAP                 | 47,5%                  | 100,0% | 100,0%                   | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| CAB                 | 29,5%                  | 19,2%  | 100,0%                   | 100,0% | 0,0%   | 0,0%   |
| CAA (CT-ECA/CBH-PS) | 38,5%                  | 59,6%  | 100,0%                   | 100,0% | 50,0%  | 50,0%  |
| CAT                 | 27,6%                  | 17,2%  | 42,9%                    | 91,7%  | 0,0%   | 20%    |
| CAA (Proposto)      | 34,9%                  | 45,5%  | 81,0%                    | 97,2%  | 33,3%  | 40%    |

## CONCLUSÃO

O coeficiente redutor agro-ambiental (CAA), proposto na aplicação da cobrança pelo uso da água em propriedades rurais, demonstra ser um instrumento de incentivo ao proprietário rural para que cumpra as normas da legislação ambiental.

Análise física e química do solo, visita a campo, bem como as avaliações das limitações para o enquadramento na classe de capacidade da terra são dados fundamentais para se avaliar a adequação do uso atual do solo ao seu uso recomendado.

Ferramentas de processamento de imagens e de sistemas geográficos de informação como as disponíveis no SPRING são essenciais para a verificação da adequação do uso de APPs no nível de propriedades rurais.

A metodologia proposta neste trabalho mostrou-se viável para a realização da estimativa do coeficiente redutor no sistema de cobrança pelo uso da água no setor rural, desde que haja um banco de dados georreferenciados, previamente desenvolvido, para a área de estudo. A metodologia para o enquadramento do solo nas classes de capacidade de uso utilizada neste trabalho precisa ser simplificada em um sistema operacional.

## ABSTRACT

Recently the system for charging for the up-taking of water from the main stem of the Paraíba do Sul river has been established. The charging system for the rural sector of this watershed is being developed pending on legislation act. The appropriate use of the soil and the observance of the environmental legislation can improve the quantity and the quality of the water resources. The base of the legislation is to raise funds to recover degraded areas and as a consequence the water resources. Based on law 9.433 of January 8<sup>th</sup>, 1997, the Integration Committee of the Paraíba do Sul Basin (CEIVAP) proposed a collecting formula for the use of the water in this Basin. Based on this formula, the São Paulo State Committee (CBH-PS) proposed that instead of collecting money from water use to be applied afterwards for restoration of the basin, to establish a coefficient that would enable those farmers that are already in compliance with the correct use of the soil and with the environmental legislation to have a reduction in the amount to be charged from their use of water. Therefore, this coefficient would reflect the protection situation of the natural resources

in a rural property, based on legal requirements and on the adequacy of using the soil in accordance with its capacity. Thus, this work proposes to develop a methodology to evaluate the agro-environmental coefficient applied to existing rural properties and to make suggestions of adaptation forms of this agro-environmental coefficient to better reflect water resources improvement based on Remote Sensing derived information and field check.

## KEY WORDS

Water use. Remote sensing. Environmental legislation. Land use. Basin or watershed. Water use charges.

## REFERÊNCIA

BRASIL, G. T. et al., Modelo de banco de Dados Ambientais Georreferenciados voltados a recuperação e preservação de Recursos Hídricos de uma Bacia de médio suporte. O modelo da Bacia do Rio Una, Paraíba do Sul, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, *Anais...*, João Pessoa, 16 abril de 2005.

BEEKMAN, G.B. "Water conservation, recycling and reuse". *International Journal of Water Resources Development* – v.14, n. 3, p. 353-364, Sep. 1998.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. Diário da República Federal do Brasil. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/Institucional/Legislacao/leis/Lei9433.htm>. Acesso em 24 de maio de 2005.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional do meio Ambiente. *Resolução CONAMA nº 302 e 303 de 20 de março de 2002*. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais de uso do entorno. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>. Acesso em 24 de maio de 2005.

\_\_\_\_\_. *Resolução CONAMA nº 303, 20 de março de 2002*. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>. Acesso em; 24 de maio de 2005

CÂMARA G., et al., SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, 1996.

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL (CATI). Levantamento do Meio Físico para Determinação da capacidade de Uso das terras. *Boletim Técnico da CATI*, Campinas, n. 175, fev. 1994

CAMPOS, J.D. *Cobrança pelo uso da água nas transposições da bacia do rio Paraíba do Sul envolvendo o setor elétrico*. 2001. 192 f. Tese- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

COMITÊ PARA INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (CEIVAP). Deliberação CEIVAP nº 08/ 2001 "Dispõe sobre a Implantação da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos na Bacia do Rio Paraíba do Sul a partir de 2002". Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/deliberacoes.htm>. Acesso em 24 de maio de 2005.

INSTITUTO DE GEOGRAFIA E CARTOGRAFIA, (IGC) *Cartas do município de Taubaté*, São Paulo. Escala 1 : 10.000. Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Folha. Ribeirão das Almas (SF-23 - Y - b- III- 1 -50- A), 1997.

KELMAN, J. Outorga e cobrança de recursos hídricos. In: THAME, A.C.M., Org., *A cobrança pelo uso da água*, São Paulo: Instituto de Qualificação e Editoração, 2000. pp. 93-113.

LEPSCH, I.F. *Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983, 175 p.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. *Conservação do solo*. 4ª Ed., São Paulo, SP, Ícone, 1999, p. 68.

PEREIRA, J. S. *Análise de critérios de outorga e cobrança pelo uso da água na bacia do rio dos Sinos*, RS. Dissertação - Universidade Rio Grande do Sul, Porto Alegre,

1996.

POMPEU, C.T. Fundamentos jurídicos do anteprojeto de lei da cobrança pelo uso das águas do domínio do Estado de São Paulo. In: *A cobrança pelo uso da água*, THAME, A.C.M et al., São Paulo: Instituto de Qualificação e Editoração, 2000. pp. 41-53.

RIBEIRO, W.C. A ordem ambiental internacional. São Paulo; Contexto, 2001, p.176

RIBEIRO, F. L., CAMPOS, S. Capacidade de uso da terra no Alto Rio Pardo, Botucatu, SP, através do Sistema de Informação Geográfica. *Energia na Agricultura*, V. 14, n. 2, p. 48-60, 1999.

TARGA, M. S. et al. *Reflexões e considerações sobre a cobrança de uso da água para o setor agropecuário na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul*. Câmara Técnica de cobrança de uso da água, CBH-PS. Taubaté -SP, p. 1-13, 2002. Disponível em <<http://www.agro.unitau.br/lago/publicacoes-tecnicas>> Acesso em nov. 2005.

WOLF, P.R. Elements of photogrammetria. New York, Mc Graw-Hill. 1974. 562p.

Walter Rocha  
Aluno do Curso de Mestrado em Ciências Ambientais - UNITAU  
Departamento de Ciências Agrárias  
Endereço: Estrada Municipal Dr. José Luiz Cembranelli nº 5.000  
CEP: 12081-010 - Bairro Itaim - Taubaté - SP  
e-mail: walter@bigghost.com.br

Getúlio Teixeira Batista  
Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté  
e-mail: getulio@agro.unitau.br

Serafim Daniel Ballestero  
Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté  
e-mail: sdbalest@ig.com.br

Marcelo dos Santos Targa  
Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté  
e-mail: mtarga@agro.unitau.br

## TRAMITAÇÃO

Artigo recebido em: 06/10/2004

Aceito para publicação em: 26/08/2005