

---

# Critérios econômicos para a aplicação do princípio do protetor-recebedor: estudo de caso do Parque Estadual dos Três Picos

JULIANA SCAPULATEMPO STROBEL<sup>1\*</sup>  
WILSON CABRAL DE SOUSA JR.<sup>2</sup>  
RONALDO SEROA DA MOTTA<sup>3</sup>  
MARCOS RODOLFO AMEND<sup>4</sup>  
DEMerval APARECIDO GONÇALVES<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Observatório Social da Indústria, FIEP

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, São Paulo, Brasil

<sup>3</sup> Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>4</sup> Programa Brasil do Conservation Strategy Fund – CSF, Minas Gerais, Brasil.

\* e-mail: juliana.strobel@gmail.com

## RESUMO

O objetivo do presente estudo é o de propor uma metodologia para a regulamentação dos artigos 47 e 48 da Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (lei 9985/2000) que prevêem o pagamento por serviços ambientais (PSA) promovidos por unidades de conservação. A base técnica do estudo é o Princípio do Protetor-Recebedor (PPR) que cria uma compensação a ser paga aos agentes econômicos que protegem recursos naturais pelas externalidades positivas que eles geram para a sociedade. O estudo enfatizou a aplicação do PPR proposto no SNUC para a proteção dos recursos hídricos. Como área de estudo foi utilizada a bacia dos rios Guapiaçu e Macacu, no Parque Estadual dos Três Picos na região serrana do estado do Rio de Janeiro. O estudo está organizado em cinco partes, a saber: 1) identificação dos custos de manejo que garantem a perpetuidade dos serviços de proteção; 2) estimativa da contribuição da unidade de conservação na sustentabilidade da bacia; 3) definição dos critérios econômicos de cobrança e rateio dos custos de proteção entre os usuários; 4) estimativas de estruturas de cobrança por tipo de uso com base nesses critérios; e 5) proposição de um arranjo institucional para governança e operação do sistema de cobrança proposto. Embora os principais resultados estimativos apresentados sejam ainda preliminares devido a disponibilidade de dados, a metodologia proposta é teoricamente justificável e de fácil implementação em outras unidades de conservação desde que se observem as recomendações de governança e operacionalidade propostas.

## ABSTRACT

*The purpose of this study is to propose a method for implementing Articles 47 and 48 of the Brazilian National System of Conservation Units Law (law number 9985/2000, which goes by the Portuguese acronym SNUC). These provisions permit payments for environmental services (PES)*

*furnished by protected areas. Underlying the proposal is the principle that economic agents providing environmental amenities should receive compensation, because the amenities represent positive externalities enjoyed by society at large. This analysis focuses on the application of this principle to the protected of water resources by natural protected areas. The study area encompasses the Guapiaçu and Macacu watersheds, the headwaters of which lie within Rio de Janeiro State's Três Picos State Park. The study has five parts: 1) quantification of park management expenditures needed to ensure protected of water resources; 2) an estimate of the protected area's contribution to the water supply within the basin; 3) analysis of alternative criteria for allocating park protection costs among water users; 4) estimates of ??; and 5) a proposed institutional arrangement to govern the payment for environmental services system. Even though the results are considered preliminary due to incomplete data, the method proposed is theoretically robust and simple to implement in this and other conservation areas, as long as the operational and governance recommendations are followed.*

## INTRODUÇÃO

A gestão dos recursos hídricos (RH) no Brasil iniciou uma nova fase com a aprovação da Lei 9.433 da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), em janeiro de 1997. Além desta lei nacional, quase todos estados também promulgaram legislações semelhantes. Quatro princípios desta lei são responsáveis por tal alteração de padrão: a gestão por bacia, a unicidade da outorga, a exigência de um plano de gestão e o instrumento de cobrança. Todas essas legislações encontram-se na fase de regulamentação, durante a qual os critérios de implementação desses instrumentos estão sendo definidos.

A gestão por bacia reconhece que o uso da água é múltiplo, excludente e gera externalidades e, portanto, a bacia representa o mercado de água onde seus usuários interagem. A unicidade da outorga permite uma melhor definição e garantia de direitos de uso da água. O plano de gestão introduz os objetivos de disponibilidade e demanda do recurso no tempo e o plano de investimentos da bacia. E por fim, a cobrança determina diretamente um preço para a água.

Esta cobrança se nortearia pelo princípio do usuário/poluidor pagador<sup>1</sup>. A nova lei de RH reconhece, explicitamente, que a água tem um valor econômico e que o instrumento de cobrança almeja a racionalização do seu uso, mas que deverá também estar balizada pelos investimentos apresentados no plano.

Este duplo objetivo (racionalização do uso da água e financiamento de investimentos) cria complexidade na definição de critérios de cobrança que são visíveis na experiência pioneira da bacia do Paraíba do Sul onde a regulamentação tem se norteadado majoritariamente por objetivos de financiamento (ver Seroa da Motta *et. al.*, 2004).

Na cobrança da água estipulada nos artigos 47 e 48 da lei 9985/2000 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) este duplo objetivo parece não existir no texto legal. O texto é claro quando estipula a possibilidade de cobrança ao usuário de recurso hídrico de uma contribuição financeira para a proteção e implementação da unidade de conservação que proteja esta fonte de água. Esta cobrança ficou denominada como uma aplicação do princípio do protetor-recebedor (PPR) e o nosso entendimento, a seguir elaborado, é que esta cobrança é um pagamento por um serviço no qual o critério dominante é o de recuperação de custos.

Para tal, nas seções seguintes vamos apresentar uma descrição conceitual teórica dos critérios econômicos de precificação da água para justificar a nossa abordagem regulatória do princípio protetor-recebedor. Com base nestes critérios propomos uma metodologia para determinação da aplicação do PPR. Em seguida realizamos exercícios exploratórios com esta metodologia no caso do Parque Estadual dos Três Picos (PETP). Concluímos discutindo os procedimentos necessários para aplicação do modelo proposto em outros parques.

<sup>1</sup> Neste contexto da cobrança, este princípio se refere a pagamentos *ex-ante* ao fato gerador, enquanto nas situações de litígios judiciais é aplicado para pagamentos *ex-post* na forma, por exemplo, de indenizações.

## OS CRITÉRIOS ECONÔMICOS DO PRINCÍPIO DO PROTETOR-RECEBEDOR (PPR)

Na situação do princípio do protetor-recebido (PPR) a unidade de conservação atua como um monopolista provedor de um bem público posto que garante a afluência hídrica com sua ação de conservação do solo florestal. Sua atividade é similar à de uma operadora de água, só que ao invés de tratar a água quimicamente, a UC o faz de forma conservacionista. Embora conceitualmente similar, a UC é fornecedora de uma operadora de saneamento que se serve da bacia protegida pela UC e, assim, teria que pagar pelo serviço protetor da UC da mesma forma que qualquer outro usuário protegido.

Esta cobrança via PPR se difere, todavia, conceitualmente daquela promulgada na lei 9433. A cobrança da PNRH visa, como mencionado anteriormente, atender objetivos de racionalização e, portanto, preços são sinalizadores de escassez e dos custos de gestão associados a este objetivo. Os custos de provisão da UC independe do nível de escassez e, portanto, se distingue do nível de preços cobrados no âmbito da PNRH. Ou seja, os preços do PPR são custos exógenos ao sistema PNRH. Mais uma vez, à semelhança das operadoras de saneamento, a UC percebe custos que serão passados aos usuários adicionalmente aos custos da cobrança do PNRH.

A cobrança da PNRH ao utilizar preços para regular a escassez de água ou financiar seus projetos terá que considerar a cobrança do PPR, pois esta eleva os custos de uso da água percebido pelos usuários e, portanto, afeta a quantidade de uso dos usuários. Isto não seria nenhuma novidade na medida que os modelos de análise e simulação de cobrança no âmbito do PNRH já fazem o mesmo quanto aos custos incorridos pelos usuários seja pelo pagamento às operadoras ou aqueles próprios para captação e tratamento. O PPR só viria a adicionar um custo a estes já incorridos e internalizados nos modelos.

Em suma, a cobrança da água no PPR é um preço com objetivo de financiamento da gestão da UC e, portanto, se insere na cobrança pela provisão de um bem público. Dessa forma, a seguir discutimos os aspectos teórico-conceituais deste tipo de cobrança e sua contextualização na regulamentação do PPR.

## COBRANÇA DA ÁGUA PARA FINANCIAMENTO

Note que o aumento do consumo de um bem, como, por exemplo, a água (em quantidade ou qualidade), realizado por um usuário B (indivíduo ou firma), pode ou

não reduzir o consumo de outro usuário A. Por exemplo, dentro dos limites da disponibilidade ou qualidade hídrica, o consumo de B não rivaliza com o de A. Nestes casos, para a sociedade, o aumento de consumo de B não gera um custo social. É certo que tal assertiva não considera aspectos ambientais, ainda que estes possam ter impactos sociais indiretos.

Como a água é considerada um bem renovável, não ocorre também nenhum aumento do seu custo de oferta. Em jargão econômico, equivale dizer que o custo marginal (custo da unidade adicional) do consumo de B é zero, embora gere um benefício marginal positivo para B. A cobrança pelo uso da água, nestes casos de não-rivalidade, pode reduzir a eficiência econômica, pois, frente a essa cobrança de um consumo que não aumenta o custo social e gera benefícios positivos, um uso poderia ser excluído, impedindo, portanto, a otimização da alocação de água entre os usuários.

Por outro lado, conforme será discutido a seguir, a cobrança pelo uso pode ser necessária para o financiamento da gestão e provisão do recurso natural. Os custos de gestão e provisão podem ser associados à disponibilidade hídrica ou ao controle da poluição.

### Preços ótimos para financiamento

Note que o custo de um aumento de consumo pode ser zero (custo marginal igual a zero), mas existem custos fixos para manter o serviço de provisão do recurso. No caso da água, seriam, por exemplo, os custos de gestão e obras de manutenção. Logo, uma cobrança terá de existir senão a provisão do bem será reduzida com a exclusão de vários usuários com benefícios marginais positivos. O princípio econômico para tal cobrança é a sua equivalência ao benefício marginal do consumo de água de cada usuário. Observando a Figura 1, o nível ótimo de provisão do recurso, nesse caso, seria àquele em que o custo marginal da provisão ( $C^p_{mg}$ ) é igual ao somatório dos benefícios marginais dos usuários ( $B_{mg} = B^1_{mg} + \dots + B^n_{mg}$ ). Assim, o custo social se iguala ao benefício social, tal como indica o ponto  $Q^*$  no gráfico, que determina o nível ótimo de consumo.

Esse benefício seria dado pela taxa marginal de substituição do consumo de água por outros bens. Tal taxa apenas revela quanto vale a água em relação a outros bens da economia que são consumidos pelo usuário e, portanto, revela sua disposição a pagar pela água. O consumo da água tanto pode ser um insumo da função de produção de um produtor quanto um bem de consumo direto da função de utilidade de um indivíduo (ver Apêndice Técnico).

Para os usuários produtores (firmas) de um bem  $z$  com uma função de produção  $F$  e preço  $p_z$ , essa cobrança ( $C_{1qi}$ ) seria revelada pelo valor da produtividade marginal da água como insumo ( $A$ ) para o usuário  $i$  da seguinte forma:

$$C_{1qi} = p_z \partial F / \partial A \quad (1)$$

Para os consumidores diretos (famílias),  $C_{1qi}$  pode ser expressa formalmente como uma perda de utilidade ( $U$ ) por decréscimo do consumo direto do bem para o usuário  $i$  que reflete sua disposição marginal a pagar (DAP), tal que:

$$C_{1qi} = \partial U / \partial A = DAP \quad (2)$$

O valor da DAP seria, então, uma medida do ganho de bem-estar pelo uso da água.

Com a regra de preços acima, a sociedade maximizaria os benefícios do uso da água ao alocar o recurso de acordo com seu retorno econômico para cada usuário. Todavia, é muito difícil identificar para cada usuário o seu benefício marginal do consumo. Mas, como este consumo tem que ser também não-excludente

daqueles usuários com benefício marginal positivo, existe um incentivo para o caronista (*free rider*), ou seja, alguns indivíduos irão esconder suas verdadeiras disposições a pagar pelo bem para pagarem menos ou nada pelo seu consumo. Dessa forma, a provisão do recurso é subótima na medida em que as receitas arrecadadas não permitirão cobrir os custos da provisão.

Mesmo que haja a possibilidade de eliminar os caronistas, há que se admitir que em certos casos não é possível medir o consumo individual para, assim, ser cobrado. Exemplos clássicos seriam faróis de mar, segurança pública e serviços de combate à incêndio. Em outros casos, a provisão individual do serviço gera externalidades positivas que resultam num benefício social maior que seu custo de provisão, tais como a prevenção de epidemias e a educação básica. Daí a recomendação de que estes casos de bens públicos têm de ser financiados pelo Tesouro, isto é, pelo contribuinte em geral mediante impostos sem qualquer relação com o nível de consumo individual.

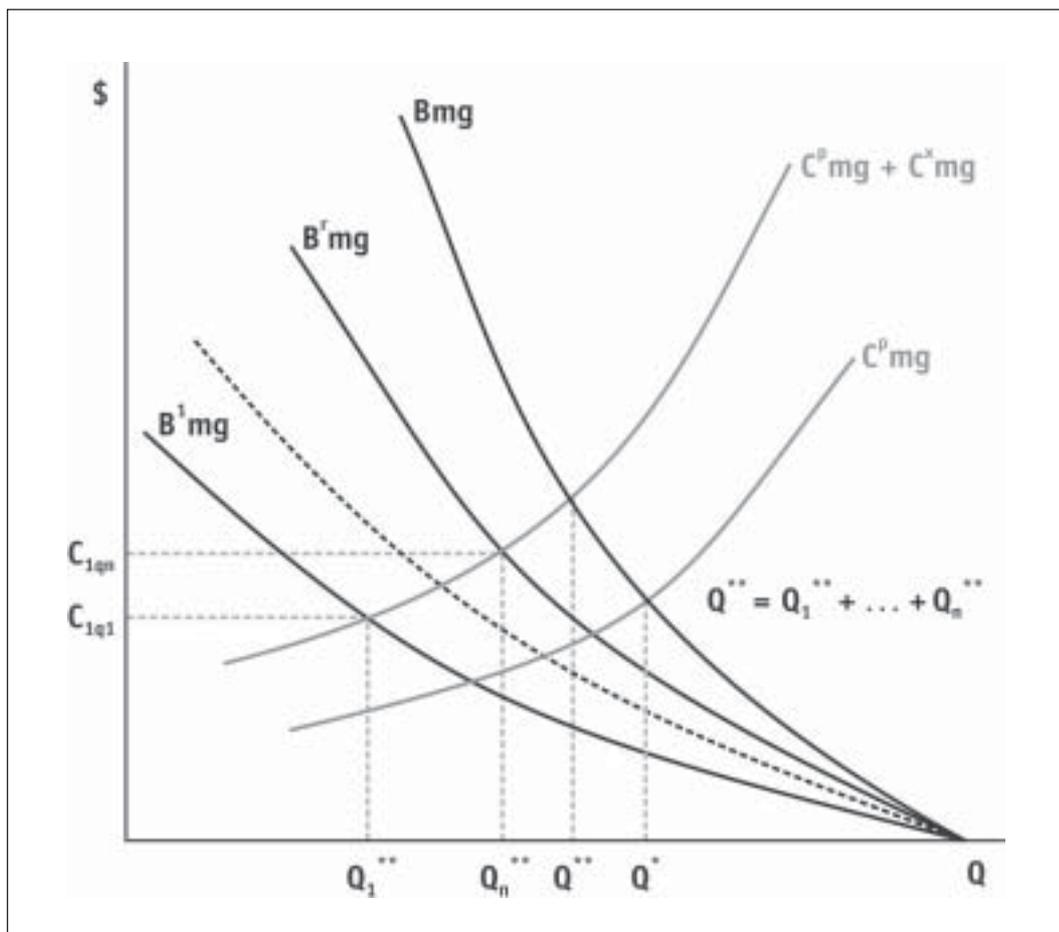


FIGURA 1 - Nível ótimo de consumo de um bem público.

No caso da água, esta característica de dificuldade de mensuração é uma questão de custo de monitoramento e não de impossibilidade técnica. A geração de externalidades sociais positivas, por outro lado, existe, mas estaria restrita à camada mais pobre, sem capacidade de pagamento. Em boa parte, o consumo de água é praticado por famílias e atividades produtivas que podem arcar com seus custos e, assim, o custo zero para o uso da água pode incentivar o desperdício e a ineficiência.

### Preços públicos

Mais ainda, o consumo de água é não-rival somente até certo ponto, isto é, acima de um certo nível de consumo ocorrerá um “congestionamento” que resultará em racionamento. Agora o consumo de B afeta o consumo de A e, portanto, a alocação da escassez tem de seguir um critério de eficiência. Nesse caso, os custos marginais de expansão ( $C^*mg$ ) têm de ser adicionados aos custos de provisão ( $C^pmg$ ) e o novo consumo ótimo seria o ponto  $Q^{**}$  na Figura 1. Note que  $Q^{**}$  representa o somatório das quantidades ótimas de cada usuário.

Dessa forma, o monopolista poderia solicitar a cada usuário o custo médio dado pela divisão entre custo total e quantidade consumida, mas não o faz porque sabe que os usuários irão desviar de forma diferenciada a demanda na medida que o preço sobe. Logo o monopolista procuraria atuar na parte mais inelástica da curva de demanda do usuário ou tipo de uso, pois nesta, reduções de demanda são proporcionalmente menores que aumentos de preços, não ocasionando quedas na receita marginal do monopolista. Ou seja, as elasticidades balizam os níveis de cruzamento de subsídios entre usos.

Sendo um monopolista público que não maximiza receita e sim a recuperação de seus custos, os preços deveriam maximizar o bem-estar gerado pelo consumo de água, dada a restrição de que a receita marginal deve se igualar às necessidades de financiamento da provisão e expansão. Uma expressão simplificada (ver Apêndice Técnico para uma demonstração formal) desses preços ( $t$ ) é que uma parcela diferenciada ( $t - Cmg/t$ ) por usuário cobrada acima do custo marginal ( $Cmg$ ) para financiar o custo de expansão seria diretamente pro-

porcional a  $b$  que captura a utilidade marginal da renda (o valor de uma unidade monetária adicional) e inversamente proporcional a elasticidade de demanda de cada usuário  $i$  ( $e_i$ ) da seguinte forma:

$$t - Cmg/t = b/e_i \quad (3)$$

Assim, usuários com demanda menos elástica pagariam mais que aqueles com demanda mais elástica. A intuição desta regra é (i) de não arrecadar mais do que o necessário para recuperar custos e (ii) que os usuários mais elásticos perceberiam preços menores porque estes tenderiam a desviar mais sua demanda frente a variações positivas de preços. Esta tem sido a regra básica de precificação de bens públicos, ou regra de Ramsey<sup>2</sup>, quando estes não são financiados diretamente pelo Tesouro. Este critério se aplicaria a qualquer serviço monopolista.

Note que tal regra poderia ser também aplicada ao consumo por qualidade no qual a demanda do usuário por serviços de despoluição seria dada pela sua curva de custo de controle de poluição, ou seja, a disposição a pagar seria dada pelos custos de controle.

### As Limitações no Caso do Princípio do Protetor-Recebedor

A seguir colocamos as principais limitações da aplicação da regra de preços públicos e como estas afetariam a regulamentação do princípio do protetor-recebedor.

TARIFA – a aplicação da regra de preços públicos no caso do PPR seria cobrar uma tarifa  $t_i$  acima do custo marginal de consumo de água atual de cada usuário na proporção inversa da sua elasticidade assumindo  $b$  igual a um, isto é,  $t_i = t/e_i$ , onde  $t$  seria o custo médio de proteção da UC.

ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS – não existe até agora uma aplicação pura da regra de Ramsey devido à complexidade de estimar os parâmetros  $b$  e  $e_i$  da sua função para todos os usuários, seja pela não disponibilidade de dados, seja pelas dificuldades técnicas metodológicas<sup>3</sup>. Na prática os reguladores determinam (i) uma referência para os custos a serem recuperados e (ii) uma tarifa média que recupere estes custos (no caso de concessões esta tarifa pode licitada pelo valor mais baixo) de acordo

<sup>2</sup> Derivada inicialmente por Frank Ramsey em 1927. Dessa forma, as demandas inelásticas financiam as demandas elásticas, uma vez que estas últimas geram maiores ganhos de excedente econômico. Esta proporcionalidade pode também ser estimada incluindo critérios distributivos. Ver Andrade (1998).

<sup>3</sup> A medida de elasticidade-preço é a derivada parcial da demanda em relação a preço e reflete quanto do consumo varia quando varia o preço, mantido o resto constante. Para tal, elimina-se os efeitos de outras variáveis específicas da empresa, tais como renda, tamanho, setor, etc, que afetam a demanda. Assim, a utilização de uma estimativa da elasticidade da literatura no contexto da bacia da UC tende a ser mais precisa na medida em que o universo de consumidores do qual as estimativas foram calculadas se assemelhe mais ao universo de consumidores da bacia.

com uma previsão de demanda e os subsídios sociais que a legislação exige. Os operadores escolhem a diferenciação das tarifas entre os tipos de serviços (ou consumidores) de acordo com estes subsídios e estimativas grosseiras das elasticidades de demanda que eles reviram com os resultados observados de receita.

REAJUSTES TARIFÁRIOS – para garantir o valor monetário as tarifas são reajustadas através de dois mecanismos, a saber: (i) variação do custo de operação mais uma taxa máxima de retorno do capital (custo médio) ou (ii) variação de um índice de preço geral menos um ganho de produtividade esperado no setor (preço-teto ou *price cap*)<sup>4</sup>. No caso do PPR esta abordagem de monitoria fina para calibrar as tarifas terá que ser também adotada. Para os ajustes periódicos a identificação de ganhos de produtividade seria muito complexa e controversa enquanto as variações de custo seriam muito simples de determinar e, portanto, a abordagem de custo médio deve ser a recomendada.

CONFLITO SETORIAL – geralmente a indústria e a agricultura apresentam elasticidades-preço maiores do que os usuários urbanos devido às opções tecnológicas de suas funções de produção industrial e a alta sensibilidade do produto da atividade agrícola ao insumo água. Nesses casos, com o uso da regra de preços públicos, os preços da cobrança de consumo urbano será maior do que de outros usuários. Esta situação acaba criando assim uma fonte de conflito setorial que geralmente resulta numa prática de subsídios cruzados entre usuários.

Por exemplo, a inviabilidade financeira da agricultura frente a preços realistas da água fez com que no mundo inteiro a agricultura ora seja isenta da cobrança pelo uso da água pelo princípio usuário/poluidor pagador, ora seja beneficiada com tarifas altamente subsidiadas na provisão de água em projetos públicos de irrigação (ver resenha internacional em Tsur *et. al.*, 2004 e Seroa da Motta *et. al.*, 2004a)

O uso residencial também tem logrado tarifas subsidiadas (i.e., menores que as derivadas da regra acima descrita) por justificativas distributivas<sup>5</sup>, embora com tarifas progressistas que de certa forma aumentam em proporção ao consumo para tentarem distribuir o custo de provisão entre pobres e ricos.

A indústria por sua vez é considerada como o usuário com maior capacidade de pagamento na medida que

o custo da água é significativamente baixo em relação ao seu custo total e tende assim, mesmo com sua força política e importância na geração de empregos, a atrair uma tarifa mais alta. Estudos (ver, por exemplo, Feres *et. al.*, 2005 para o caso da bacia do Paraíba do Sul) demonstram que nestes casos a redução de consumo pode ocorrer e assim resultar em uma arrecadação menor que a desejada.

Assim sendo, não surpreende que a recuperação de custos seja muitas vezes deficitária de provedores de bens públicos que são afetados por administração política de tarifas, em particular nos casos de operadores estatais de água. Tanto que a participação de capital privado só acontece quando existe um marco regulatório bastante claro e estável (ver Salgado & Seroa da Motta, 2005).

Estas considerações acima são mais percebidas em setores de provisão de bens públicos que exigem investimentos vultosos e, portanto, alto nível tarifário. Caso não seja esta a situação, isto é, as tarifas estimadas sejam muito baixas, os efeitos de demanda serão marginais e conseqüentemente também os seus impactos na receita arrecadada. No caso do PPR, os custos a serem recuperados tendem ser de baixa monta, mas tais problemas podem surgir por conta de um número reduzido de usuários e, conseqüentemente, com significativas exigências tarifárias individuais. Assim o risco de déficits é grande devido a natureza operacional pública das UCs. Por outro lado, poderá ocorrer também o oposto com aplicação de tarifas abusivas e sujeitas a expedientes de inadimplência ou litígios. Para eliminar os dois tipos de riscos a regulamentação da cobrança do PPR deve ser a mais completa e transparente possível. Isto significa também que tarifas distributivas devem ser explicitamente assumidas e contabilizadas.

INTERLIGAÇÃO ENTRE BACIAS (SUB-BACIAS OU TRECHOS<sup>6</sup>) – quase sempre o consumo de um usuário numa sub-bacia afeta o de outros em outra bacia, sub-bacia ou trecho. Assim, os preços em vigor em uma bacia podem afetar o nível ótimo de outra bacia ao desviar demanda para lá. Esta limitação seria significativa na medida em que existir uma complementaridade da bacia protegida pela UC com outras bacias protegidas por outras UCs. Como discutido acima, se estas questões se derem em relação a outras bacias fora da proteção

<sup>4</sup> Para uma resenha destas abordagens no caso brasileiro em setores regulados ver Salgado e Seroa da Motta (2005).

<sup>5</sup> Ou tarifas sociais que subsidiam certos consumidores caracterizados como de baixa renda.

<sup>6</sup> Na literatura econômica ambiental este problema é denominado de *multi-zone problem*, ver Tietenberger (1996). Para uma análise de simulação nas bacias do Estado de São Paulo, ver Seroa da Motta e Mendes (1996).

de UC estas deveriam ser internalizadas no âmbito da cobrança do PNRH e, portanto, não deveriam ser consideradas na modelagem do PPR.

**MEDIÇÃO DO CONSUMO** – o custo marginal de medição de consumo pode ser alto que não compense a receita adicional gerada. Nesses casos seria melhor utilizar aproximações de consumo, mesmo que subestimadas, através de parâmetros tecnológicos. Estimativas parametrizadas são possíveis mediante dados de produção/receita. Como podem ser uma forma imprecisa de medição é comum se facultar ao usuário comprovação de medida de uso real através de auditoria independente. No caso do PPR esta abordagem seria bastante satisfatória tendo em vista a possível concentração do consumo em um número reduzido de usuários.

**RACIONAMENTO E SAZONALIDADE** – a disponibilidade hídrica é estocástica, isto é, está associada a uma função probabilística, ou seja, em certos períodos, mesmo com uma receita adequada e sem caronistas, a disponibilidade de água pode requerer um racionamento por motivos puramente hidrológicos. Nesses casos, novamente o uso da água por um usuário exclui o uso por outro e, portanto, gera uma externalidade negativa. Outro racionamento de demanda pode ocorrer por conta de uma sazonalidade de uso, típico do uso agrícola ou do uso residencial em áreas turísticas. A solução de oferta de água independe do nível de receitas, porquanto no curto prazo não haveria como disponibilizar mais água. Note que uma gestão de oferta que mantém o consumo suficientemente abaixo da disponibilidade máxima para não enfrentar esse racionamento periódico estaria realizando uma alocação não-ótima, pois por vários períodos de não-racionamento, usuários com benefícios positivos seriam excluídos.<sup>7</sup> Assim, caso exista este risco de desencontro de oferta e demanda na aplicação do PPR, haverá necessidade de se criar preços sazonais que cresceriam na medida em que houvesse risco de excesso de demanda.

## A METODOLOGIA PROPOSTA DE PRECIFICAÇÃO DO PRINCÍPIO DO PROTETOR-RECEBEDOR

Nesta seção apresentamos a metodologia de determinação da tarifa inicial para a aplicação do PPR e as regras de ajustes e governança de acordo com as recomendações apresentadas na seção anterior.

## MODELO DE DETERMINAÇÃO DA TARIFA

A fórmula abaixo procura representar todos os parâmetros necessários para a estimação das tarifas iniciais do PPR ( $t_i$ ), da seguinte forma:

A tarifa  $t_i$  a ser cobrada do usuário  $i$  seria composta dos seguintes parâmetros:

$$t_i = t \times b_i \times d_i \times (1/e_i) \quad (4)$$

onde:

$t$  = tarifa básica do  $m^3$  da água protegida

$b_i$  = proporção uso de água do usuário  $i$  que é devida à contribuição protetora do parque

$d_i$  = peso distributivo atribuído ao usuário  $i$

$e_i$  = elasticidade-preço da demanda de água do usuário  $i$  e o parâmetro  $(1+1/e_i)$  seria uma compensação para sua sensibilidade a preço

Note que para  $e_i$  podemos obter um estimado diretamente na bacia ou valores estimados na literatura e para  $b_i$  podemos ter estimativas com os resultados do balanço hidrológico. A imprecisão quanto a usar estimativas de outras bacias tem que ser avaliada frente aos custos de realizar estudos específicos. Estes estudos, contudo, são estatisticamente frágeis se não houver dados disponíveis para um número grande de observações por usuário e no tempo, tal como geralmente ocorre nas bacias onde existem poucos usuários.

Por outro lado,  $d_i$  é um parâmetro estritamente subjetivo e sua identificação será totalmente arbitrária com base em algum juízo de valor sobre a necessidade de subsidiar um certo grupo de usuários.

A variável qualidade de água não se faz necessária nesta proposta de metodologia de precificação do PPR para o caso de Unidades de Conservação que protegem as nascentes da bacia analisada (caso PETP), uma vez que a qualidade da água fornecida pela UC é a melhor possível para os usuários a jusante. No entanto, para casos de UCs localizadas ao longo de bacias, que funcionam como “filtros” e fornecem água a jusante de melhor qualidade que a recebida a montante, é necessário quantificar a contribuição dessa UC na qualidade da água. Nesse caso, a tarifa  $t$  na expressão (4) seria também ponderada por um indicador de qualidade  $q_i$  do volume de água consumido pelo usuário  $i$ . Os gastos da UC relativos a esta manutenção do serviço de “filtragem” seriam então recuperados da mesma forma. Caso a UC venha a gerar os dois serviços, quantidade e qualidade, sugerimos duas cobranças separadas

<sup>7</sup> Equivale a dizer matematicamente que o ponto de congestionamento tem que ser atingido para haver otimização.

para recuperar os custos de cada serviço<sup>8</sup>, uma para quantidade e outra para qualidade considerando  $q_i$ .

A tarifa básica  $t$  da expressão (4) seria estimada resolvendo a seguinte expressão para todos os usuários  $i$  da bacia protegida:

$$GT = S(t \times v_i) \quad (5)$$

Onde:

GT = gasto total de proteção da UC a ser recuperado

$v_i$  = volume de água consumida do usuário  $i$

Note que a expressão GT mede a receita potencial esperada na hipótese de que os usuários não iriam reagir a preços. Entretanto, como os usuários são elásticos a preços haverá um desvio de demanda resultante do acréscimo do preço da água dado por:

$$DGT = S(\%c_i \times e_i \times v_i \times t_i) \quad (6)$$

Onde

$\%c_i$  = acréscimo no custo do  $m^3$  da água para o usuário  $i$  com a aplicação de  $t_i$  estimado como  $t_i/c_i$

Note que só não ocorreria desvio de demanda caso todos os usuários fossem infinitamente inelásticos, isto é,  $e_i =$  zero. Nesta situação a estimativa da tarifa fica somente dependente de GT e  $v$  da expressão (5) e sua aplicação então seria semelhante ao rateio de custo proporcional ao consumo de cada usuário.

Com o desvio de demanda, os valores de  $t$  básico da expressão (4) terão que ser resolvidos iterativamente até convergirem para um desvio de demanda próximo a zero. Assim, as estimativas de  $t_i$  podem adotar uma metodologia muito simples com as seguintes etapas:

1. Calcular a quantidade de  $t$  na expressão (4) para cada usuário.
2. Substituir estas quantidades em  $t$  na expressão (5) para calcular um valor total em  $t$ .
3. Dividir GT por este total em  $t$  para determinar um valor inicial de  $t$ .
4. Substituir  $t$  inicial na expressão (4) para calcular valores iniciais de cada  $t_i$ .
5. Estimar com os valores de  $t_i$  os desvios de demanda DGT da expressão (6).
6. Variar incrementalmente para cima ou para baixo o valor de  $t$  e calcular novos valores para GT, DGT e  $t_i$ .
7. Estimar a nova diferença (GT - DGT).
8. Repetir a etapa 6 iterativamente até a diferença (GT - DGT) se situar próxima a zero.

9. O valor de  $t$  quando esta diferença convergir para zero é o valor final de  $t$ .

10. Com o valor de  $t$  final calcula-se os valores finais de  $t_i$ .

Note que não se trata de zerar DGT, pois a cada iteração com um novo valor  $t$  a receita potencial GT cresce. Assim, o que importa é a diferença (GT - DGT) que será a receita efetiva da cobrança.

## REGRA DE AJUSTES

Para a aplicação do PPR conforme acima proposto se faz necessário conhecer previamente inúmeros parâmetros, muitos dos quais são imprecisos e/ou se alteram ao longo do tempo. Como a metodologia acima pretende garantir exatamente uma arrecadação equivalente ao custo recuperado então se fazem necessárias regras de ajustes periódicos. Com a regulamentação das regras de ajustes limita-se a incerteza nas variações das tarifas e com isso reduz-se o impacto das tarifas na expansão da capacidade produtiva da bacia e no fluxo de receitas para a UC.

Os parâmetros GT,  $e_i$ ,  $v_i$ ,  $c_i$ , e  $b_i$  que afetam a estimação das tarifas devem estar justificados no Plano de Aplicação do PPR (PAPPR). Conforme se descreverá a seguir, os ajustes podem ser tanto tecnicamente mensuráveis como automáticos e para cada tipo adotam-se regras distintas.

### Ajustes técnicos

Os parâmetros GT,  $e_i$ ,  $v_i$ ,  $c_i$ , e  $b_i$  podem ser tecnicamente mensuráveis e estudos específicos periódicos podem ser elaborados<sup>9</sup>. No ano 1 da aplicação do PPR a UC determina estimativas de referência no PAPPR com base em estudos e dados de literatura para justificá-los.

REVISÃO DO GT – propõe-se que GT seja revisto pela UC anualmente através de prestação de contas do exercício anterior e previsão de variação de custos ou medidas protetoras adicionais na forma de um novo PPR para o ano seguinte. Este novo PAPPR poderá também rever os outros parâmetros com bases em novos estudos ou dados da literatura. Este novo PAPPR deverá ser colocado à disposição dos usuários até setembro do ano anterior a seu exercício e poderão ser analisados

<sup>8</sup> É bastante provável que estes custos de proteção sejam indivisíveis entres os dois serviços. Nestes casos alguma forma de rateio deve ser feita (proporcional aos gastos divisíveis, por exemplo). Esta arbitragem parece mais precisa tecnicamente do que tentar transformar qualidade em volume de capacidade de diluição, tal como se adota no CEIVAP. Isto porque não se está aqui, mais uma vez observamos, controlando o uso e sim recuperando custos.

<sup>9</sup> Tal como foi feito por Seroa da Motta *et. al.* (2004b) para a Bacia do Rio Paraíba do Sul.

por qualquer usuário ou conjunto deles desde que estes incorram nas custas deste processo de auditoria.

**REVISÃO DOS PARÂMETROS ESPECÍFICOS DE CADA USUÁRIO** – os parâmetros  $e_i$ ,  $v_i$ ,  $c_i$ , e  $b_i$  poderão também ser revistos para o exercício seguinte por solicitação do usuário, ou conjunto deles, através de laudo técnico desde que estes incorram nas respectivas custas.

Nos dois casos acima, onde houver auditoria do PAPPR e laudo técnico de parâmetros por solicitação dos usuários se deverá utilizar instituição técnica reconhecida. A UC poderá solicitar um parecer técnico deste laudo ou auditoria por uma instituição de sua indicação com os respectivos custos cobertos pelo solicitante.

Note que o usuário somente empreenderá tal esforço de revisão caso tenha a percepção que o valor esperado da economia com a cobrança PPR seja maior que os custos incorridos na revisão. Dessa forma descentralizada, se evitaria gastar ineficientemente em estudos de revisão ou atuar com base em estudos controversos.

#### Ajustes automáticos

**DESENCONTRO DE RECEITA** – dada a natureza imprecisa dos parâmetros do modelo, tal como se discutiu anteriormente, por melhor que este seja calibrado existe uma alta probabilidade da arrecadação efetiva ficar abaixo ou acima da arrecadação esperada no PAPPR. Adicionalmente, é plausível esperar uma taxa positiva de inadimplência. Dessa forma, tanto os superávits do exercício findo serão deduzidos automaticamente do GT a ser arrecadado no exercício seguinte como também no caso de déficits, quanto assim for o caso, estes serão acrescidos.

**VARIAÇÃO NO NÚMERO DE CONTRIBUINTES** – a solução da expressão (5) depende do número de usuários  $i$  e como este número de usuários pode se alterar anualmente, uma vez observada esta alteração, se procederia a revisão tarifária considerando este novo universo de contribuintes. Nesse caso os valores de  $t$  seriam automaticamente re-calculados para o exercício seguinte na apresentação do novo PAPPR.

Nos dois casos acima não se exigiriam processos de auditorias e laudos técnicos.

#### GOVERNANÇA

A princípio cabe ao Chefe da UC gerir o PAPPR e sua implementação dentro das regras acima propostas, além

de decidir sobre as solicitações de revisão dos usuários. Todavia, seria eficiente para o sistema como um todo incentivar ações cooperativas e de mecanismos de revelação de informação privada.

Dessa forma, propõe-se a criação de um Comitê PPR (CPPR) dentro dos estatutos da UC com cinco membros, a saber: o Chefe da UC, um representante dos usuários industriais, um das operadoras de saneamento, outra dos agricultores e um das prefeituras sobrepostas na área. Os representantes dos usuários deverão ser empossados mediante assinatura de apoio de pelo menos 80% dos usuários (pagantes e isentos) do seu setor.

O Comitê se reuniria duas vezes ao ano ou por convocação extraordinária solicitada pelo Chefe da UC ou por solicitação conjunta de três de seus membros. O CPPR decidiria somente por consenso dos seus cinco membros e poderia deliberar nos seguintes casos:

1. Alterar valores e composição do GT, inclusive incluindo gastos em estudos técnicos.
2. Decidir conflitos entre laudos técnicos e auditorias surgidas por solicitação de usuários.
3. Determinar a escala de valores dos pesos distributivos  $d_i$ .

#### UMA APLICAÇÃO NO PARQUE ESTADUAL DOS TRÊS PICOS

Nesta seção realizamos um exercício exploratório aplicado ao Parque Estadual dos Três Picos (PETP). Inicialmente descrevemos os critérios necessários para a seleção da área de estudo, seguido da importância ecológica do PETP. A seguir descrevemos o modelo de cálculo da contribuição do PETP ao fluxo hídrico das captações a jusante. Por fim, apresentamos uma proposta de PAPPR para o parque na qual se justificam as estimativas dos parâmetros e se realizam simulações para determinação das tarifas.

#### CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A aplicação da metodologia apresentada neste estudo requer a seleção de uma bacia segundo critérios específicos que viabilizam a implementação de um sistema de pagamento por serviços ambientais. Os critérios adotados foram: definição geográfica, relevância, apoio local, disponibilidade de dados, objetividade (relação causa-efeito), existência de consumidores com

capacidade de pagamento, custos de negociação e monitoramento, e restrição orçamentária e de prazos do projeto.

A macro-região designada para este trabalho foi o Corredor de Biodiversidade da Serra do Mar, definida pela Aliança para Conservação da Mata Atlântica como a porção da Serra do Mar entre os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais. Para a realização do estudo de caso foi selecionada a bacia hidrográfica Guapi-Macacu, localizada no entorno do Parque Estadual dos Três Picos, que atendeu aos critérios estipulados:

- Definição geográfica: a bacia Guapi-Macacu está localizada dentro do Corredor da Serra do Mar, cujas nascentes encontram-se principalmente dentro do PETP (mas também no PARNA Serra dos Órgãos e no ESEC Paraíso), desaguando na porção leste da Baía da Guanabara.
- Relevância: a criação do PETP é recente (junho/2002) e a UC é carente de recursos para sua adequada implementação e gestão.
- Apoio local: as administrações do PETP, PARNA Serra dos Órgãos e ESEC Paraíso, além de outras instituições que compõem o Consórcio da Bacia da Guanabara Leste demonstraram interesse na realização deste estudo e ofereceram suporte para sua realização.
- Disponibilidade de dados: além de informações hidrológicas provenientes da Agência Nacional de Águas (ANA) e Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Estado do Rio de Janeiro (CEDAE), um diagnóstico recente da Baía da Guanabara Leste (Consórcio, 2005) forneceu importantes e detalhadas informações sobre a região.
- Objetividade: há uma relação causa-efeito claramente definida do serviço ambiental (proteção que o PETP fornece à manutenção da qualidade e regularidade dos recursos hídricos) e sua demanda na região.
- Existência de consumidores com capacidade de pagamento: nesta bacia encontra-se a Captação Imunana, da CEDAE, que abastece aproximadamente 1.675.000 habitantes, além de empresas de extração de água mineral e de bebidas.
- Custos de negociação e monitoramento: dadas as características da bacia e a relativamente pequena quantidade de usuários, os custos de negociação e monitoramento tornam-se acessíveis.
- Restrição orçamentária e de prazos: o estudo na Bacia Guapi-Macacu atendeu aos recursos e prazos existentes para a sua realização.

## O PARQUE ESTADUAL DOS TRÊS PICOS E A BACIA GUAPI-MACACU

O Corredor de Biodiversidade da Serra do Mar, localizado entre os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, possui florestas de grande importância biológica situadas próximo às duas maiores metrópoles do Brasil (São Paulo e Rio de Janeiro), o que denota a forte pressão antrópica sobre os recursos naturais na região – dentre os quais a água. Muitos dos remanescentes estão protegidos por unidades de conservação, entre eles o Parque Estadual dos Três Picos, localizado no noroeste do estado do Rio de Janeiro.

O Parque Estadual dos Três Picos foi criado em 2002 pelo Decreto Estadual nº 31.343, com área total aproximada de 46.350 hectares, representando na ocasião um acréscimo de 75% em toda a área protegida por parques e reservas do estado do Rio de Janeiro. Situa-se nos municípios de Teresópolis, Nova Friburgo, Guapimirim, Silva Jardim e, principalmente, Cachoeiras de Macacu (2/3 de sua área). Devido a sua criação recente, o Parque ainda está em processo de estruturação, sendo que boa parte dos recursos que atualmente financiam os custos operacionais são provenientes de compensação do licenciamento ambiental da empresa TermoRio, cujo término se dará no ano de 2008. Após esse período, será necessária a identificação de novas formas para custeio do manejo do Parque, uma vez que o repasse do orçamento estatal é bastante limitado.

Nesta unidade de conservação nascem os rios Macacu e Guapiaçú, principais componentes da bacia Guapi-Macacu, com nascentes a uma altitude aproximada de 1.700m, perfazendo sua extensão até a foz na Baía de Guanabara. Ao longo de seu curso sua fisiografia é marcada por dois trechos bem definidos: próximo à nascente denota-se regiões com acentuadas declividades e vales, compostos de florestas e maciços rochosos. Já no trecho inferior encontra-se a foz do rio, na Baía de Guanabara, bem como os terrenos planos com desníveis mínimos, onde se caracterizam áreas facilmente inundáveis e de baixa permeabilidade.

A região da bacia hidrográfica Guapi-Macacu foi ocupada desde o início da colonização portuguesa no Brasil, o que gerou uma perda histórica da cobertura florestal, essencialmente composta por Floresta Ombrófila Densa. Portanto, são encontrados trechos significativos de floresta apenas nas áreas de maior declividade da bacia, inapropriadas para atividades agrícolas, espe-

cialmente dentro dos limites do Parque Estadual Três Picos. Atualmente é observada uma regeneração natural da floresta, com manchas expressivas de vegetação secundária em estágio de sucessão avançado (porte arbóreo) e de inicial a médio (portes herbáceo e arbustivo) no município de Cachoeiras de Macacu, e em menor escala em Guapimirim (Consórcio, 2005).

A partir da década de 40, os principais rios dessa bacia passaram por obras de retificação, com o propósito de erradicação da malária e drenagem das terras para agricultura, descaracterizando a drenagem natural. Anteriormente, a região do baixo Caceribu sofria inundações naturais sobre extensas áreas de manguezal e de várzeas. Para evitar tal cenário e permitir a ocupação das terras, o Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) abriu artificialmente o Canal de Imunana, interligando o curso do rio Macacu, logo a jusante da confluência com o Guapiaçu, com o rio Guapimirim. Como resultado dessas obras, os manguezais do Guapi passaram a sofrer um choque de água doce, visto que o rio passou a responder pela vazão do conjunto Guapiaçu-Guapimirim-Macacu, tornando-se o maior caudal de água doce da Baía Guanabara. Como consequência das obras, verificou-se o desaparecimento de brejos, pântanos e parte dos manguezais, causando grande impacto à fauna e flora da região (Consórcio, 2005).

No Canal de Imunana são captados 7m<sup>3</sup>/s de água pela CEDAE que abastece a população dos municípios de Niterói, São Gonçalo, Cachoeiras de Macacu, Guapimirim e Itaboraí (aproximadamente 1.675.000 habitantes), bem como a agricultura, pecuária e empresas localizadas nestes municípios (FEEMA, 2004). Em decorrência da grande qualidade da água das nascentes dos rios Macacu e Guapiaçu, instalaram-se na região diversas empresas para extração de água mineral, bem como empresas onde a água é um importante insumo, como uma cervejaria e fazendas de produção de grama.

## SEQÜÊNCIA METODOLÓGICA DA AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA DO PETP

Com o intuito de determinar a contribuição do parque em termos de fluxo hídrico para as captações a jusante, foi desenvolvido um Sistema de Informações Geográficas (SIG) que reuniu dados oriundos das seguintes fontes: Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro (Fundação CIDE), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Fundação Instituto Estadual de Florestas (IEF/RJ), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

(INPE) e Universidade de Maryland. A base de dados em SIG referente a este estudo foi disponibilizada ao IEF/RJ com informações que poderão ser utilizadas em outros projetos relacionados a recursos hídricos que venham a ser desenvolvidos na região.

A Figura 2 mostra o mosaico de imagens CBERS contendo a delimitação da área sujeita à contribuição hídrica do PETP.

As informações tabulares dos pontos de captação foram especializadas, tendo sido geradas curvas de nível e mapa de declividade a partir do relevo. A Figura 3 apresenta os pontos de captação inseridos no contexto da bacia.

As Figuras 4a e 4b mostram os mapas com as curvas de nível (cotas com intervalos de 10 metros) e declividades elaborados a partir dos dados SRTM (resolução espacial de 90 metros).

Com base nestas informações foram delimitadas as áreas de contribuição para cada ponto de captação de água das bases CEDAE e Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA), conforme Tabela 2. Esse procedimento foi feito através de digitalização manual. O vetor das bacias hidrográficas, originado das cartas de 1:50.000, foi sendo dividido a partir do ponto de coleta tendo como orientação as curvas do relevo e a rede de drenagem. Os polígonos sofreram uma divisão permitindo que seja identificadas as áreas de contribuição dentro e fora do Parque Estadual dos Três Picos.

Cada ponto de captação (SERLA e CEDAE) está representado por sua área de contribuição em arquivos separados. Alguns pontos de coleta foram agrupados por estarem muito próximos e terem praticamente a mesma área de contribuição hídrica.

Com o propósito de estabelecer um parâmetro de decaimento da qualidade da água, de modo a balizar esta influência no pagamento por serviços ambientais do PETP, foram realizadas algumas tentativas de zoneamento. A primeira aproximação considerou a distância dos pontos de captação às respectivas nascentes, a altitude e a declividade do terreno, como fatores de influência na qualidade das águas, conforme ilustra a Figura 5.

A segunda aproximação para definição de um zoneamento de áreas com diferentes características para a qualidade da água considerou o uso da terra e a declividade do terreno. Para a área do trabalho foi gerado um *grid* com células com 4.300 metros de largura e comprimento, o que equivale a uma área de 1.849 hectares. Todas as células desse *grid* receberam o valor, em percentual, que cada uso da terra representa em suas áreas.

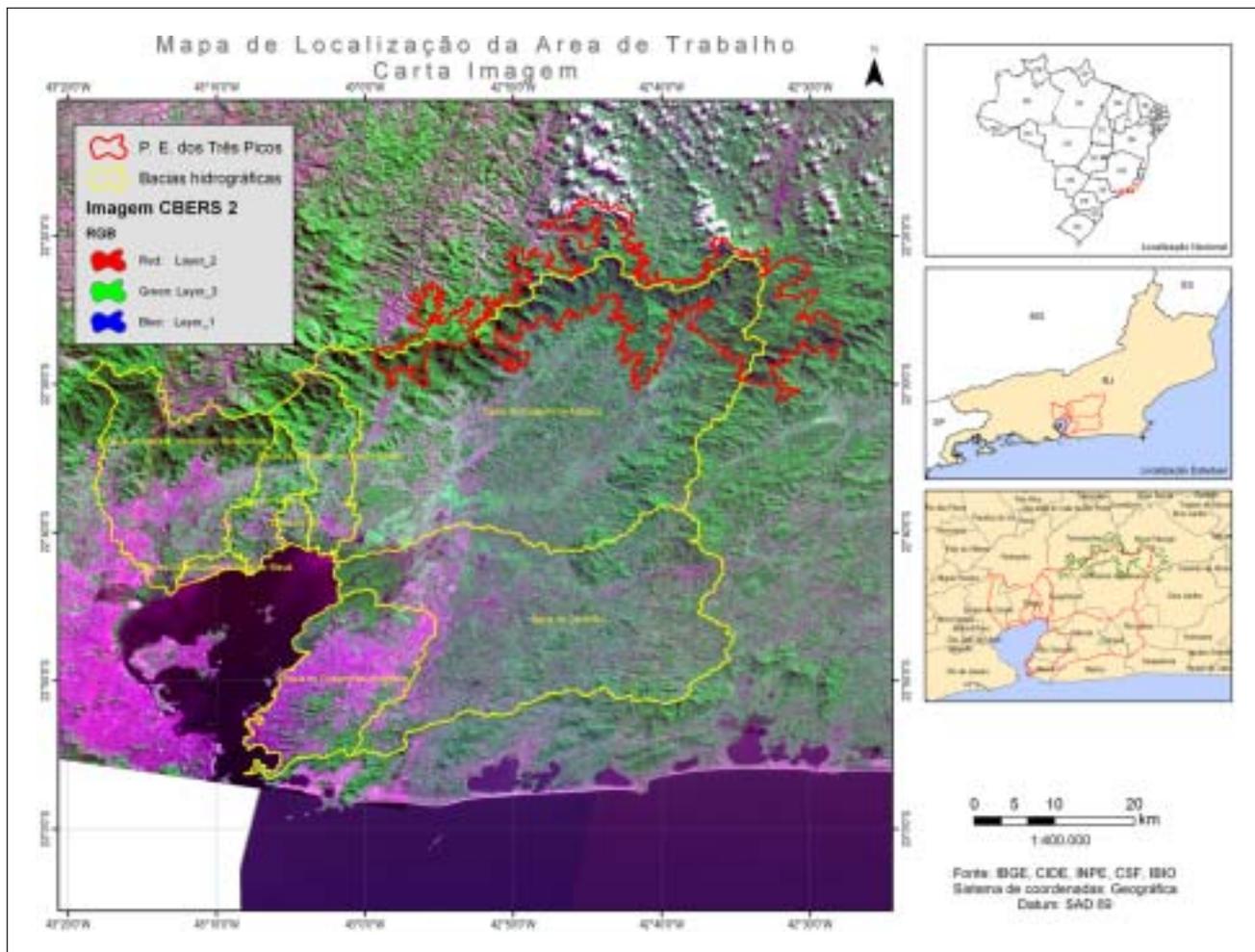


FIGURA 2 – Mosaico de imagens CBERS (07/08/2005), da área do Parque Estadual dos Três Picos.

As classes utilizadas foram agrupadas a partir da classificação das cartas 1:50.000:

- Grupo 0 – “Área não Classificada”, “Rios, Lagos, Lagoas, etc”, “Oceano” e “Área não mapeada”.
- Grupo 1 – “Floresta Ombrófila”, “Afloramento Rochoso”, “Várzea” e “Mangue”.
- Grupo 2 – “Vegetação secundária” e “Reflorestamento”.
- Grupo 3 – “Campo / Pastagem”.
- Grupo 4 – “Área agrícola” e “Área inundável”.
- Grupo 5 – “Área urbana (baixa densidade)” e “Área urbana (média densidade)”.
- Grupo 6 – “Encosta degradada” e “Solo exposto”.

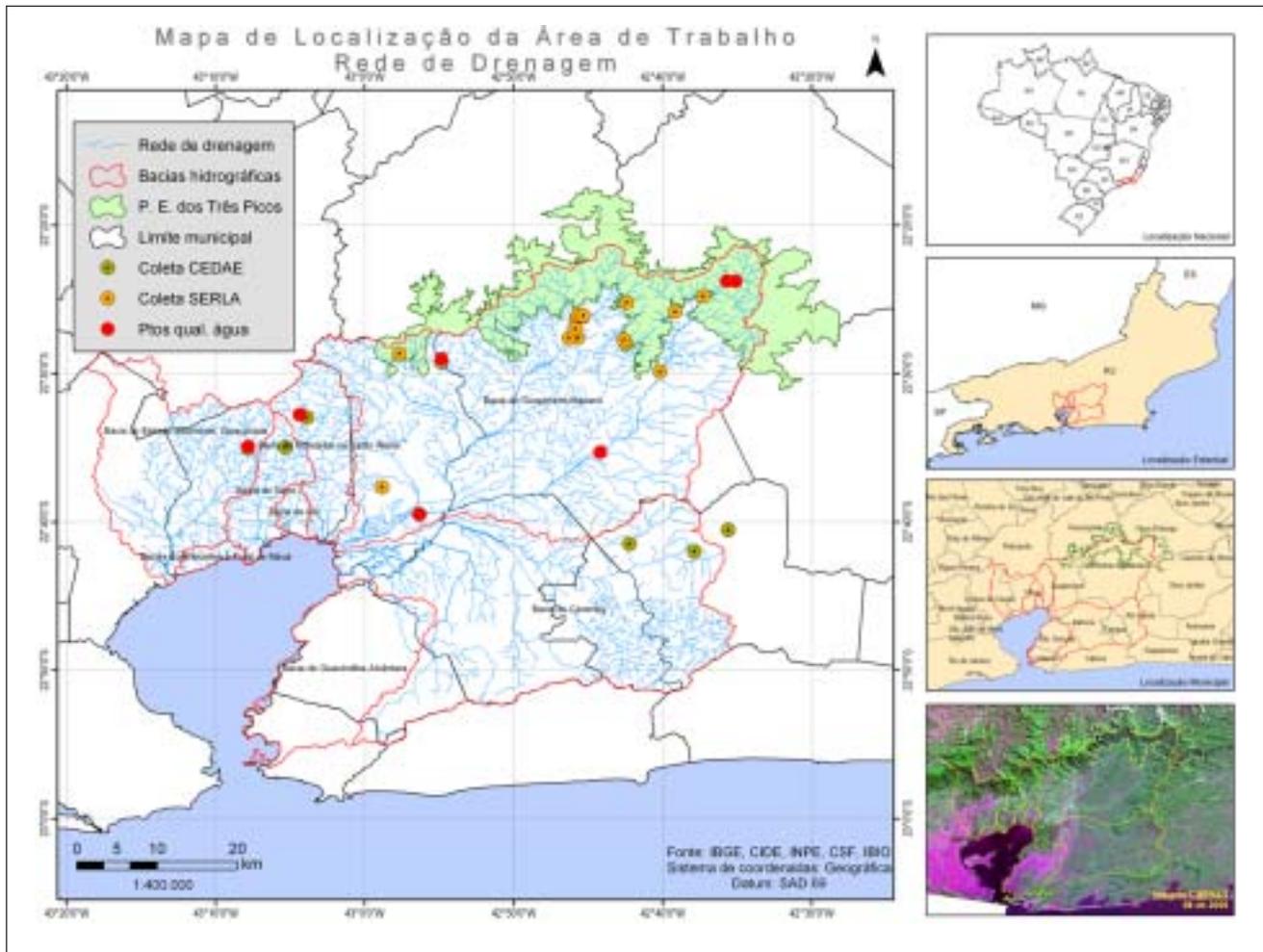
A informação de declividade também foi agregada ao *grid*, pois cada célula do *grid* recebeu o valor angular correspondente no mapa de declividade degradado espacialmente. A definição final (numérica) de qualidade foi obtida para cada célula a partir da fórmula abaixo:

$$\begin{aligned} \text{QUALIDADE} = & ((\text{GRUPO\_1} / 100) * (3)) + \\ & ((\text{GRUPO\_2} / 100) * (1)) + \\ & ((\text{GRUPO\_3} / 100) * (-2)) * ((\text{SLOPE} / 35) + 1) + \\ & ((\text{GRUPO\_4} / 100) * (-3)) * ((\text{SLOPE} / 35) + 1) + \\ & ((\text{GRUPO\_6} / 100) * (-4)) * ((\text{SLOPE} / 35) + 1) \end{aligned}$$

Cada linha da fórmula acima representada acumula um valor à célula, de acordo com o peso (positivo ou negativo) do tipo de uso. Esse valor considera a declividade como agravante (SLOPE), ponderando o tipo de uso com a declividade.

A Figura 6 ilustra o resultado do zoneamento conforme o uso da Terra e a declividade.

Cabe ressaltar que estas tentativas foram propostas em função da ausência de informações sobre parâmetros de qualidade e trata-se de uma primeira aproximação para um balizamento do pagamento por serviços ambientais pela qualidade presumida da água nos trechos



**FIGURA 3** – Bacia de contribuição do Parque Estadual dos Três Picos (delimitada em vermelho).

de captação. O zoneamento a partir do uso da terra e da declividade nos pareceu mais ilustrativo da realidade. No entanto, é necessário um diagnóstico da qualidade das águas na região para validar esta tentativa.

### O INVENTÁRIO DOS USUÁRIOS

O objetivo deste tópico é apresentar, com base em estimativas de balanço hídrico, a taxa de contribuição do PETP na captação de água em bacias hidrográficas da região. O balanço hídrico pode ser definido como a contabilidade volumétrica da água tendo por base um compartimento específico do ciclo hidrológico, em geral a bacia hidrográfica, ou seja, a contabilização dos fluxos de entrada e saída de água neste compartimento. Ele envolve a quantificação dos componentes do processo de transferência de água pela bacia. De forma mais de-

talhada, o Balanço Hídrico pode ser expresso pela expressão:

$$S = P - R - ET - G \quad (7)$$

Onde:

S = armazenamento;

P = precipitação;

R = escoamento superficial;

ET = evapotranspiração;

G = escoamento subterrâneo.

No ciclo hidrológico, uma parcela do volume precipitado evapora antes mesmo de atingir a superfície (evaporação direta), outra parcela sofre interceptação em folhas e caules, de onde se evapora. A água que chega ao solo divide-se em algumas parcelas: parte desse volume infiltra no solo, resultando em escoamento subterrâneo, outra parte resulta em escoamento superficial e uma parcela é devolvida à atmosfera pela transpiração dos vegetais. Normalmente, emprega-se o termo

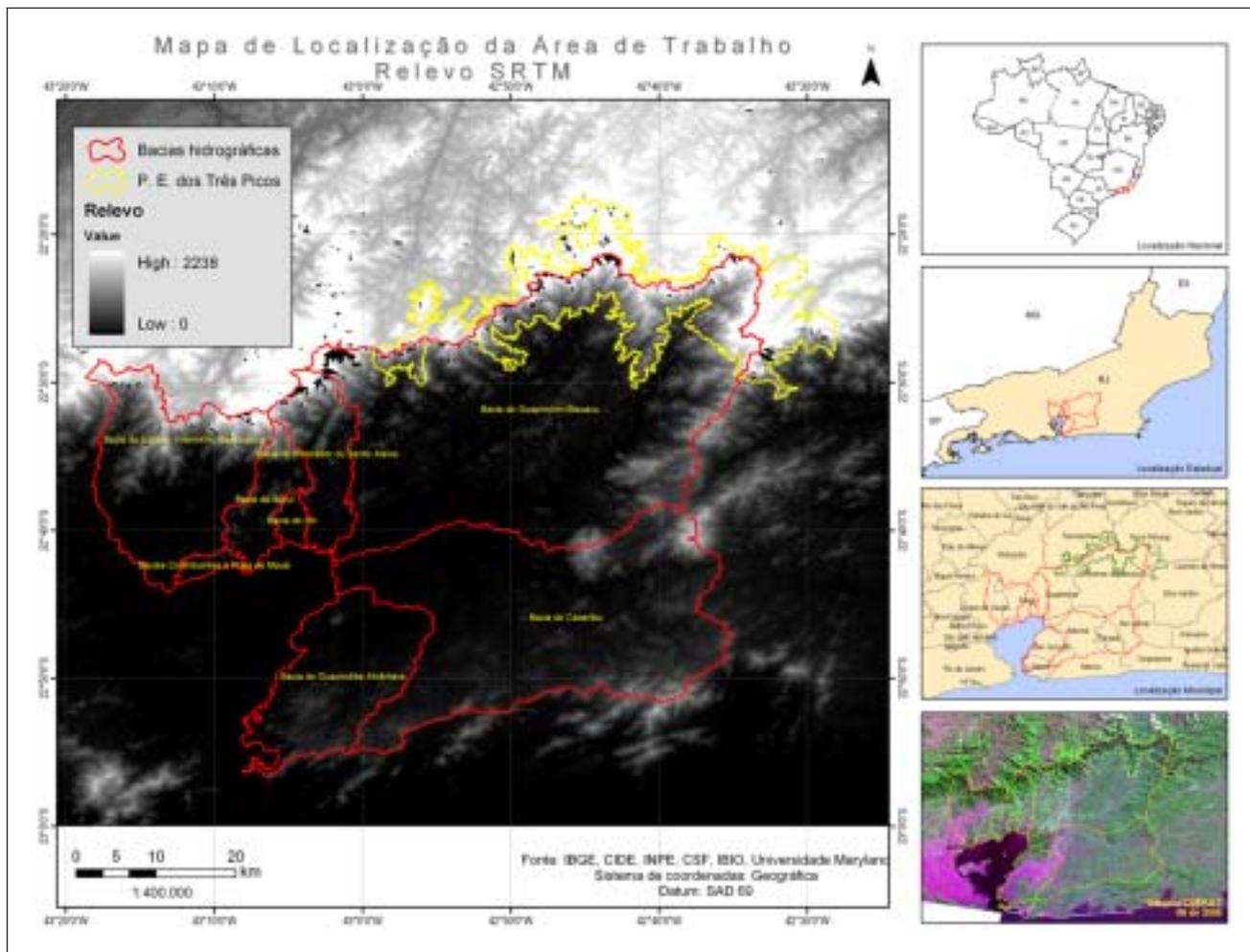


FIGURA 4a – Curvas de nível da bacia de contribuição do Parque Estadual dos Três Picos.

Evapotranspiração como a soma das parcelas de evaporação no solo e transpiração vegetal.

É importante salientar que as parcelas citadas do balanço hídrico sofrem a influência de uma série de variáveis dentro da bacia hidrográfica, por exemplo, do clima da região, da cobertura vegetal, do período de ocorrência da precipitação, do tipo e uso do solo, da declividade e do volume precipitado. Para a estimativa de cada uma das parcelas, empregam-se metodologias diferentes. A utilização dessas metodologias varia em função dos fatores limitantes para sua aplicação, como os limites físicos (área mínima para o cálculo ou estações meteorológicas), ou da qualidade e quantidade de dados hidrometeorológicos armazenados.

Por exemplo, para o cálculo da precipitação média de uma bacia podemos utilizar o método aritmético (média aritmética), o método de Thiessen (área ponderada, com peso proporcional à área de influência de

cada ponto, formando polígonos entre os pontos) ou o método das Isoietas (considera curvas de igual precipitação). Além da fórmula empregada para o cálculo, o fator diferencial para a aplicação de cada um desses métodos está relacionado com os dados disponíveis para o cálculo e as condições de contorno para a sua aplicação.

A maneira mais precisa e correta de estimar cada uma das parcelas do balanço hídrico é a utilização de instrumentos para a coleta de dados específicos. Os instrumentos variam em função da finalidade do experimento, coletando informações adequadas e utilizando-se de fórmulas de matemática aplicada e estatística para mensurar as parcelas. Talvez o mais simples instrumento seja o pluviômetro, que é capaz de fornecer a precipitação pontual, medida através da altura de coluna d'água acumulada em milímetros (mm). Com essa informação, associada à duração do evento e sua in-

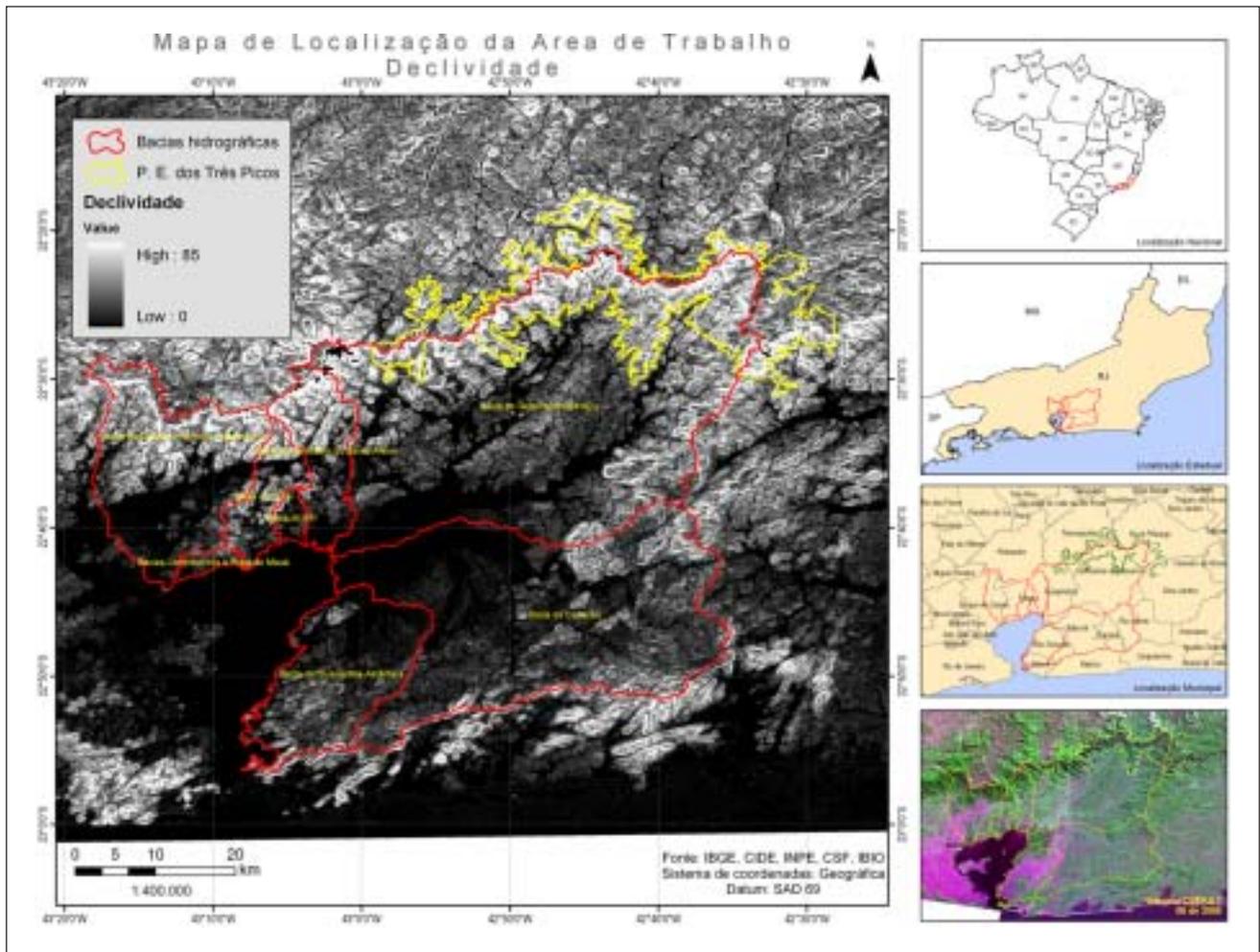


FIGURA 4b – Declividade da bacia de contribuição do Parque Estadual dos Três Picos.

tensidade, pode-se estimar o volume precipitado numa determinada área.

Dada a carência, ou mesmo ausência, de dados em escala adequada (microbacia) para a região do PETP, para a estimativa de balanço hídrico foram utilizados dados de regiões com características semelhantes. Os estudos de Oliveira Júnior & Dias (2005), Ranzini *et al.* (2004) e Arcova *et al.* (2003), apresentam, por meio de experi-

mentos, uma estimativa das porcentagens de infiltração, evapotranspiração, escoamento superficial e precipitação para microbacias na Serra do Mar, região de Mata Atlântica. As variações relativamente pequenas encontradas nestes estudos, nos motivou a utilizar tais estimativas para a região da Serra dos Órgãos na qual se localiza o PETP, conforme apresentado na Tabela 1 (fator de relação). De posse das porcentagens e da

TABELA 1 – Fator de relação

		VOLUME PRECIPITADO	EVAPOTRANSPIRAÇÃO	INFILTRAÇÃO	VOLUME ESCOADO
FATOR DE RELAÇÃO	IN	100%	30%	60%	10%
	OUT	100%	20%	50%	30%

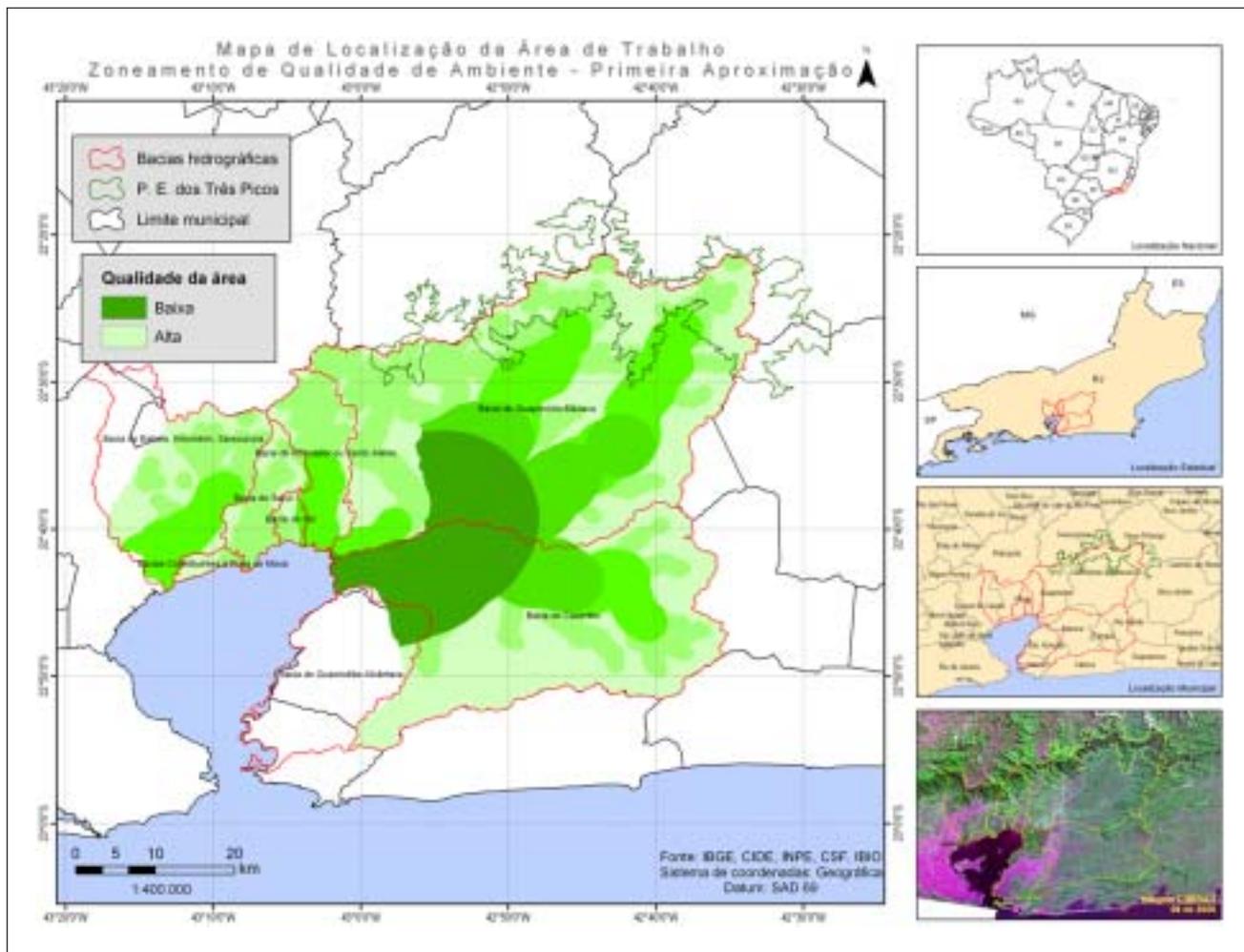


FIGURA 5 – Tentativa de zoneamento: distância das nascentes, altitude e relevo.

precipitação média das bacias da região – obtidas por meio de interpolação de isoietas e com base na série histórica de precipitação registrada em estações próximas ao parque, pôde-se estimar as demais parcelas do balanço hídrico.

Para a coleta do material necessário para a estimativa da taxa de contribuição foram consultadas as bases de dados disponíveis nos sítios virtuais da CEDAE e Serviço Geológico do Brasil (CPRM), bem como o Cadastro Estadual de Usuários de Água fornecido pela SERLA e material enviado pela ANA. Nos sítios do CEDAE e SERLA foram coletadas informações sobre os pontos de captação, dados dos usuários, localização espacial dos pontos e o consumo anual das captações. Nos sítios do CPRM e ANA foram coletadas informações sobre a precipitação média anual (mapa de isoietas), rede de drenagem e outras informações hidrológicas do estado do Rio de Janeiro.

De posse dessas informações foi criado um Sistema de Informações Geográficas (SIG) contendo os limites das bacias de contribuição a partir de cada ponto de captação de água (CEDAE e SERLA), a rede de drenagem, o limite do Parque e um mapa de isoietas totais anuais (período de 1968-1995) gerado pelo CPRM, no Projeto Rio de Janeiro.

O SIG gerado permitiu estimar a área de cada uma das microbacias hidrográficas que continham os pontos de captação correspondentes. A área das microbacias foi dividida em parcelas dentro (IN) e fora (OUT) do Parque. A sobreposição das informações no SIG e a divisão da área também possibilitaram a estimativa da precipitação média, em cada uma das parcelas constituintes das bacias delimitadas.

A partir dessas informações, foi estimado o balanço hídrico para cada bacia de captação, considerando as seguintes componentes para os cálculos: Volume

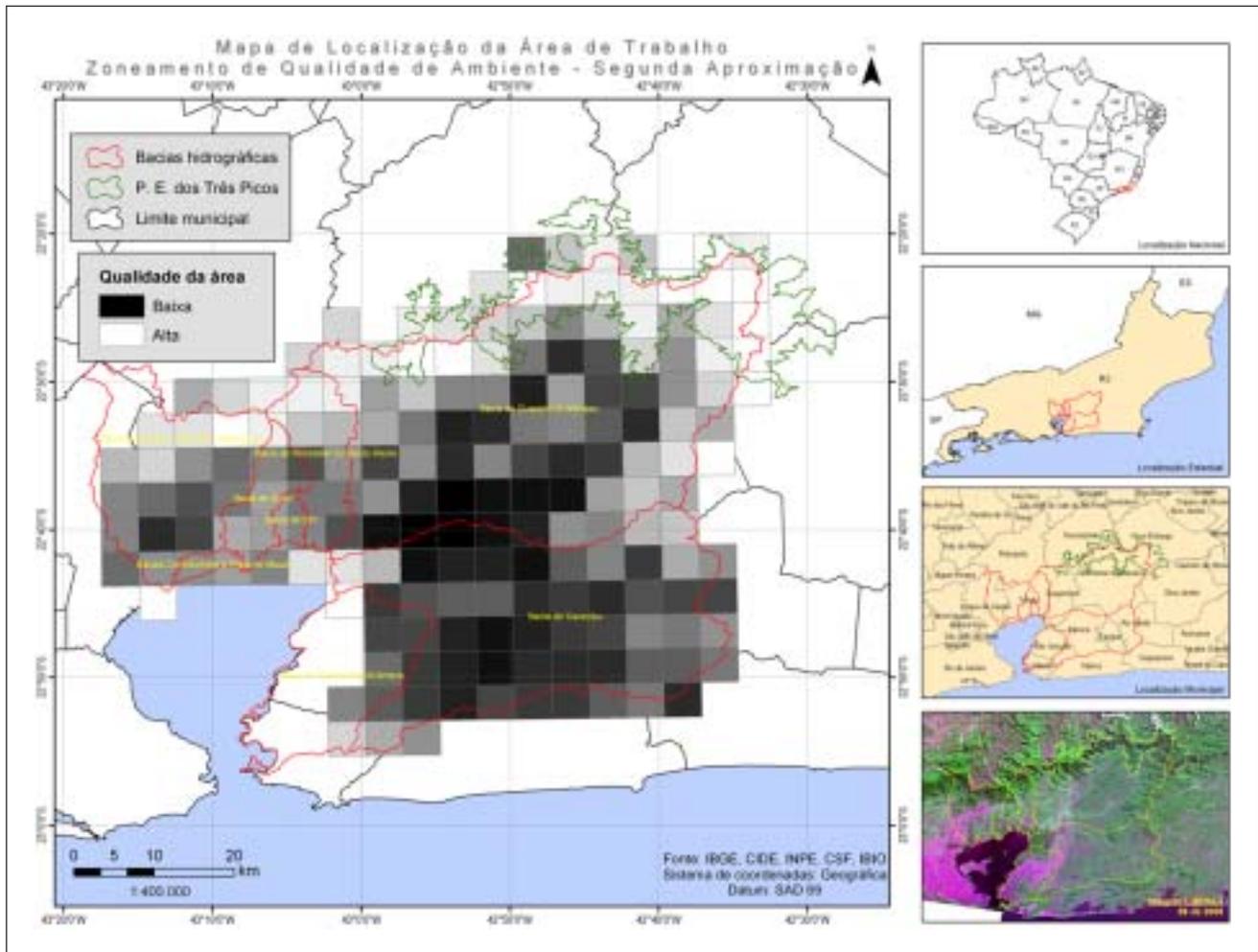


FIGURA 6 – Zoneamento da qualidade presumida, conforme o uso da terra e a declividade.

Precipitado, Infiltração, Evapotranspiração e Volume Escoado superficialmente.

A cada um dos componentes principais foram atribuídos um Fator de Relação em função da característica da bacia – fora ou dentro do Parque. Uma vez definida a área e a precipitação, o produto delas forneceu o Volume Precipitado. Aplicando ao Volume Precipitado os fatores de relação para cada uma das componentes foi possível estimar as demais parcelas em termos de volume, isto é, a parcela de Evapotranspiração, Infiltração e Volume Escoado.

A Taxa de Contribuição do parque para cada bacia (Tabela 2) foi calculada em função do tipo de captação. Para os pontos onde a captação é superficial, a taxa foi calculada em função do Volume Escoado e para os casos onde a captação é subterrânea, foi considerada a parcela da Infiltração.

Observa-se que a maioria dos pontos de captação da região tem algum tipo de relacionamento com o Parque, o que ficou evidenciado pela taxa de contribuição calculada. Em alguns casos essa taxa variou entre 70-100%.

## OS CUSTOS DE PROTEÇÃO E MANUTENÇÃO DO PETP

Para o cálculo de GT (gasto total de proteção da UC a ser recuperado) foram considerados todos os gastos cuja relação com a proteção e manutenção de nascentes dentro da UC possam ser justificados. Não foram considerados gastos que não possuam relação direta com a proteção do Parque, como Educação Ambiental a Turistas, Preparação de Trilhas para Visitação Turística, e Centro de Visitantes. Desta forma a tarifa calcula-

**TABELA 2** – Balanço hídrico para microbacias relacionadas ao PETP<sup>10</sup>

ESTAÇÃO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA	LOCAL - PARQUE	BALANÇO HÍDRICO		
		ÁREA (Km <sup>2</sup> )	PRECIPITAÇÃO MÉDIA (mm)	VOLUME PRECIPITAÇÃO (m <sup>3</sup> /ano)
Ney Souza e Silva	IN	2,740	2.450	6.713.980
	OUT	0,212	2.350	498.200
		<b>2,952</b>		
Mineradora Costa D'água Ltda	IN	2,882	2.350	6.773.252
	OUT	0,300	2.200	659.213
		<b>3,182</b>		
Mineração Lucânia Ltda	IN	0,000		0
	OUT	1,534	1.350	2.070.936
		<b>1,534</b>		
Itograss Agrícola de Ipanema Ltda	IN	106,271	2.400	255.049.440
	OUT	53,591	2.300	123.259.944
		<b>159,862</b>		
Hugo de Vasconcelos Paiva	IN	13,146	2.450	32.207.722
	OUT	1,109	2.350	2.606.855
		<b>14,255</b>		
Água Mineral Mariquita Ltda	IN	3,136	2.500	7.840.750
	OUT	0,000		0
		<b>3,136</b>		
Agropecuária Serra do Mar	IN	61,998	2.350	145.694.125
	OUT	20,925	2.300	48.127.937
		<b>82,923</b>		
Primo Schincariol Ind. de Cerveja	IN	61,998	2.350	145.694.125
	OUT	20,925	2.300	48.127.937
		<b>82,923</b>		
Primo Schincariol Ind. de Cerveja	IN	61,998	2.350	145.694.125
	OUT	20,925	2.300	48.127.937
		<b>82,923</b>		
Primo Schincariol Ind. de Cerveja	IN	61,998	2.350	145.694.125
	OUT	20,925	2.300	48.127.937
		<b>82,923</b>		
Agropecuária Guapiaçu Ltda	IN	61,998	2.350	145.694.125
	OUT	33,052	2.300	72.713.740
		<b>95,049</b>		
Agropecuária Guapiaçu Ltda	IN	61,998	2.350	145.694.125
	OUT	33,052	2.300	72.713.740
		<b>95,049</b>		
Reserva Ecológica de Guapiaçu	IN	61,998	2.350	145.694.125
	OUT	33,052	2.300	72.713.740
		<b>95,049</b>		
Captação - Rio Cachoeirinha	IN	0,000		0
	OUT	6,027	1.800	10.849.206
		<b>6,027</b>		
Captação - Rio Cachoeira Grande	IN	0,000		0
	OUT	20,220	1.750	35.384.745
		<b>20,220</b>		
Captação - Rio Agulheiro do André	IN	0,000		0
	OUT	1,925	1.450	2.790.670
		<b>1,925</b>		
Captação - Imunama	IN	244,9367	2.300	563.354.410
	OUT	876,7003	1.900	1.665.730.570
		<b>1.121,64</b>		

<sup>10</sup> Cada registro refere-se a um CEUA – Cadastro Estadual de Usuários de Água da SERLA, e refere-se a uma captação com posição geográfica

BALANÇO HÍDRICO			TAXA DE CONTRIBUIÇÃO DO PARQUE $b_i$ (%)
EVAPOTRANS- PIRAÇÃO (m <sup>3</sup> )	INFILTRAÇÃO (m <sup>3</sup> )	VOLUME ESCOADO (m <sup>3</sup> )	
2.014.194 99.640	4.028.388 249.100	671.398 149.460 <b>820.858</b>	<b>81,79</b>
2.031.976 197.764	4.063.951 395.528	677.325 65.921 <b>743.247</b>	<b>91,13</b>
0 414.187	0 1.035.468 <b>1.035.468</b>	0 621.281	<b>0,00</b>
76.514.832 24.651.989	153.029.664 61.629.972	25.504.944 36.977.983 <b>62.482.927</b>	<b>40,82</b>
9.662.317 521.371	19.324.633 1.303.428	3.220.772 782.057 <b>4.002.829</b>	<b>80,46</b>
2.352.225 0	4.704.450 0	784.075 0 <b>784.075</b>	<b>100,00</b>
43.708.238 9.625.587	87.416.475 24.063.969	14.569.413 14.438.381 <b>29.007.794</b>	<b>50,23</b>
43.708.238 9.625.587	87.416.475 24.063.969	14.569.413 14.438.381 <b>29.007.794</b>	<b>50,23</b>
43.708.238 9.625.587	87.416.475 24.063.969	14.569.413 14.438.381 <b>29.007.794</b>	<b>50,23</b>
43.708.238 9.625.587	87.416.475 24.063.969	14.569.413 14.438.381 <b>29.007.794</b>	<b>50,23</b>
43.708.238 14.542.748	87.416.475 36.356.870	14.569.413 21.814.122 <b>36.383.535</b>	<b>40,04</b>
43.708.238 14.542.748	87.416.475 36.356.870 <b>123.773.345</b>	14.569.413 21.814.122	<b>70,63</b>
43.708.238 14.542.748	87.416.475 36.356.870 <b>123.773.345</b>	14.569.413 21.814.122	<b>70,63</b>
0 2.169.842	0 5.424.604	0 3.254.763 <b>3.254.763</b>	<b>0,00</b>
0 7.076.949	0 17.692.372	0 10.615.423 <b>10.615.423</b>	<b>0,00</b>
0 558.134	0 1.395.335	0 837.201 <b>837.201</b>	<b>0,00</b>
169.006.323 333.146.114	338.012.646 832.865.285	56.335.441 499.719.171 <b>556.054.612</b>	<b>10,13</b>

e volume de captação diferenciados. Portanto, alguns usuários se repetem.

da representará apenas o valor necessário para custear as atividades referentes à proteção e manutenção da unidade de conservação, com reflexos diretos para a proteção dos Recursos Hídricos.

Assim, foi realizado um levantamento junto à administração do Parque Estadual Três Picos dos principais componentes de custos a serem inseridos no cálculo, resultando na lista a seguir:

- a) Regularização fundiária: Valor total previsto para a regularização fundiária do PETP, descontado a 6% ao ano.
- b) Folha de Pagamentos: Valor anual total dos salários mais encargos da Administração do Parque, técnicos, guardiões e pesquisadores, proporcionalmente ao tempo dependido com a proteção da área. Tempo dedicado à visitação turística, elaboração de trilhas e reuniões administrativas não é contabilizado.

- c) Treinamento: Valor anual para capacitação dos funcionários para atividades de proteção do Parque
- d) Equipamentos: Valor anual total de veículos, equipamentos para fiscalização do Parque, equipamentos para prevenção de incêndios florestais, depreciados a 20% ao ano.
- e) Combustível: Valor anual total do combustível gasto em atividades de proteção do Parque.
- f) Gastos Administrativos: Valor anual total dos gastos com luz, água e telefone, proporcionais ao tempo dedicado à proteção do Parque.
- g) Edificações: Valor total das edificações necessárias para a proteção do Parque, descontadas a 6% ao ano.

O valor de GT (gasto total de proteção da UC a ser recuperado) para o caso do Parque Estadual Três Picos, ano-base 2006, dadas as considerações acima somam R\$ 635.680,00.

**TABELA 3** – Custos e elasticidade dos usuários<sup>11</sup>

ESTAÇÃO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA	CLASSIFICAÇÃO SETORIAL E FONTE DE CAPTAÇÃO	$c_i$ R\$/m <sup>3</sup>	$e_i$	$b_i$ %
<b>Ney Souza e Silva</b> abastecimento - nascente	Residencial - média da média - superficial	0,2707	0,74	100,00
<b>Mineradora Costa D'água Ltda</b> indústria - nascente	15 - Fabr. produt. aliment. e beb. - superficial	0,2617	0,82	91,13
<b>Itograss Agrícola de Ipanema Ltda</b> irrigação - rio/córrego	Agropecuária - média da média - superficial	0,2707	0,50	40,82
<b>Hugo de Vasconcelos Paiva</b> abastecimento de 5 famílias - nascente	Residencial - média da média - superficial	0,2707	0,74	80,46
<b>Água Mineral Mariquita Ltda</b> indústria - nascente	15 - Fabr. produt. aliment. e beb. - superficial	0,2617	0,82	100,00
<b>Agropecuária Serra do Mar</b> indústria - nascente	Agropecuária - média da média - superficial	0,2707	0,50	50,23
<b>Primo Schincariol Ind. de Cerveja</b> três pontos de captação de água para a indústria	15 - Fabr. produt. aliment. e beb. - superficial	0,2617	0,82	50,23
<b>Primo Schincariol Ind. de Cerveja</b> indústria - rio Mariquita	15 - Fabr. produt. aliment. e beb. - superficial	0,2617	0,82	50,23
<b>Primo Schincariol Ind. de Cerveja</b> indústria - rio Manoel Alexandre	15 - Fabr. produt. aliment. e beb. - superficial	0,2617	0,82	50,23
<b>Agropecuária Guapiaçu Ltda</b> irrigação - rio/córrego	Agropecuária - média da média - superficial	0,2707	0,50	40,04
<b>Agropecuária Guapiaçu Ltda</b> poço - lençol freático	Agropecuária - média da média - superficial	0,2707	0,50	70,63
<b>Reserva Ecológica de Guapiaçu</b> poço raso - lençol freático	Agropecuária - média da média - superficial	0,2707	0,50	70,63
<b>Captação - Imunama</b> como contribuição do parque e de grande área fora dele	Média da média - superficial	0,2707	0,74	10,13

<sup>11</sup> Nota: Estimativas de  $e_i$  e  $c_i$  com base em Seroa da Motta *et al.* (2004)

Este é o valor total necessário para a proteção e manutenção dos recursos hídricos do Parque Estadual Três Picos, ano-base 2006, que será utilizado na precificação do PPR. Entretanto, alerta-se para o fato de que este estudo é focado apenas na bacia Guapi-Macacu, sem considerar outras bacias importantes com nascentes localizadas no Parque, como os rios que compõem a bacia do rio Paraíba do Sul, a bacia do rio Macaé e a bacia do rio São João. No momento em que estudos semelhantes sejam realizados em todas as bacias com nascentes no Parque, o valor total de GT poderá ser redistribuído entre os demais usuários.

## ELASTICIDADES E CUSTOS ATUAIS DE CONSUMO DE ÁGUA

Diferentemente do inventário, não se realizou nenhum estudo específico para estimar as elasticidades-preços dos usuários de água da bacia Guapi-Macacu. A estimação da elasticidade teria que ser modelada através de funções de produção ou custo contendo um conjunto de no mínimo 100 observações. Considerando o número reduzido de usuários relevantes na bacia em análise seria necessário um levantamento de séries temporais de dados junto aos usuários que se julgou inviável devido às restrições de tempo e recursos.

Para uma aplicação metodológica optou-se por utilizar as estimativas de elasticidades para cada setor de atividade econômica que foram calculadas em Seroa da Motta *et. al.* (2004b), onde se aplicou uma função de custo para uma amostra de 500 usuários na bacia do rio Paraíba do Sul. Da mesma forma, para manter a consistência metodológica, utilizou-se também as estimativas dos custos médios de consumo de água para cada setor do mesmo estudo.

Estas estimativas estão apresentadas na Tabela 3 abaixo juntamente com os valores percentuais ( $b_i$ ) que representam a contribuição da UC para o consumo total de cada usuário, estimados no balanço hídrico. Neste momento foram selecionados os usuários que possuem  $b_i > 0$ , ou seja, em que há a contribuição do PETP no volume captado.

## SIMULAÇÕES DAS TARIFAS

Para efeito metodológico vamos calcular os valores de  $t_i$  para os seguintes cenários, a saber:

**CENÁRIO NEUTRO** – sem subsídio cruzado,  $d_i$  e  $e_i$  iguais para todos os usuários, a tarifa apenas se dife-

rencia por  $b_i$  que é a proporção de consumo que é a contribuição da UC.

**CENÁRIO DISTRIBUTIVO** – além da diferença de  $b_i$  há subsídio cruzado para os usuários residenciais onde  $d_i = 0,5$  originados dos outros usuários onde  $d_i = 1$ .

**CENÁRIO DIFERENCIADO** – além da diferença de  $b_i$  há subsídio cruzado definido pela regra de preço público em relação à elasticidade-preço da água  $e_i$  de cada usuário ( $e_i \neq 0$ ), mas  $d_i = 1$  para todos os usuários.

O cenário neutro ao não calibrar  $t_i$  pelas elasticidades, eleva o valor de  $t$  básico porque usuários com menor reação a preço percebem o mesmo valor de cobrança que os usuários mais elásticos e, portanto, a capacidade de geração de receita é reduzida. No cenário distributivo esta elevação de  $t$  pode ainda ser maior caso os usuários beneficiados sejam mais inelásticos que os não beneficiados. Isto porque os não beneficiados irão pagar mais que na ausência de tarifa subsidiada e sendo mais elásticos então desviarão mais demanda que exigirá maior  $t$  para compensar a receita perdida.

Os resultados do exercício confirmam estas tendências nos valores de  $t$  conforme indica a Tabela 4 abaixo. Observa-se que  $t$  neutro na ordem de R\$ 0,02868/m<sup>3</sup> é aproximadamente 35% maior que o valor de  $t$  diferenciado que seria de 0,02118/m<sup>3</sup>. Já o  $t$  distributivo, estimado em 0,05187/m<sup>3</sup>, é aproximadamente 80% maior que o  $t$  neutro, indicando que o subsídio ao consumo residencial obrigou um esforço de receita adicional sobre alguns usuários menos elásticos.

**TABELA 4** – Tarifa Básica por Cenários

CENÁRIO	NEUTRO	DISTRIBUTIVO	DIFERENCIADO
t básico (R\$/m <sup>3</sup> )	0,02868	0,05187	0,02118

Embora o valor de  $t$  básico seja menor no cenário diferenciado, isto não significa que as tarifas para todos os usuários neste cenário serão também menores. Ao contrário, no cenário diferenciado espera-se uma tarifa maior para os usuários menos elásticos. Observando a Tabela 5 que apresenta as tarifas por usuário, nota-se que a Itogross Agrícola (assim como todo setor agropecuário) que tem a menor elasticidade entre os usuários inventariados pagará uma tarifa 1,48 maior que pagaria no cenário neutro. Já a Primo Schincariol Ind. de Cerveja e as Empresas de água mineral que são os usuários mais elásticos pagariam uma tarifa equivalen-

TABELA 5 – Análise comparativa de cenários por usuário

USUÁRIO	ti neutro R\$/m <sup>3</sup>	ti dist R\$/m <sup>3</sup>	ti dif R\$/m <sup>3</sup>	t dist/ t neutro	t dif/ t neutro	tdif/ t dist
<b>Ney Souza e Silva</b> abastecimento - nascente	0,02346	0,02121	0,02341	0,90	1,00	1,10
<b>Mineradora Costa D'água Ltda</b> indústria - nascente	0,02613	0,04727	0,02354	1,81	0,90	0,50
<b>Itogross Agrícola de Ipanema Ltda</b> irrigação - rio/córrego	0,01171	0,02117	0,01729	1,81	1,48	0,82
<b>Hugo de Vasconcelos Paiva</b> abastecimento de 5 famílias - nascente	0,02307	0,02087	0,02303	0,90	1,00	1,10
<b>Água Mineral Mariquita Ltda</b> indústria - nascente	0,02868	0,05187	0,02583	1,81	0,90	0,50
<b>Agropecuária Serra do Mar</b> indústria - nascente	0,01440	0,02605	0,02128	1,81	1,48	0,82
<b>Primo Schincariol Ind. de Cerveja</b> três pontos de captação de água para a indústria	0,01440	0,02605	0,01297	1,81	0,90	0,50
<b>Primo Schincariol Ind. de Cerveja</b> indústria - rio Mariquita	0,01440	0,02605	0,01297	1,81	0,90	0,50
<b>Primo Schincariol Ind. de Cerveja</b> indústria - rio Manoel Alexandre	0,01440	0,02605	0,01297	1,81	0,90	0,50
<b>Agropecuária Guapiaçu Ltda</b> irrigação - rio/córrego	0,01148	0,02077	0,01696	1,81	1,48	0,82
<b>Agropecuária Guapiaçu Ltda</b> poço - lençol freático	0,02025	0,03663	0,02992	1,81	1,48	0,82
<b>Reserva Ecológica de Guapiaçu</b> poço raso - lençol freático	0,02025	0,03663	0,02992	1,81	1,48	0,82
<b>Captação - Imunama</b> como contribuição do parque e de grande área fora dele	0,00291	0,00263	0,00290	0,90	1,00	1,10

te a 90% do que pagariam no cenário neutro. Note que o objetivo da cobrança PPR é a geração de receita, logo precisa minimizar desvios de demanda. Se ao inverso, uma cobrança é estabelecida para reduzir o consumo da água, as tarifas deveriam ser diretamente proporcionais às elasticidades para que resultasse em menor demanda.

Também na Tabela 5, observa-se que no cenário distributivo os usuários residenciais, Ney Souza e Silva, Hugo de Vasconcelos Paiva e a Captação Imunana<sup>12</sup> (que receberam peso de 0,5) pagariam uma tarifa equivalente a 90% da tarifa que prevaleceria para eles no cenário neutro. Para compensar este subsídio os outros usuários teriam que pagar uma tarifa 81% maior. Como os

usuários residenciais têm uma elasticidade baixa, as tarifas destes no cenário diferenciado são apenas 10% superiores ao cenário distributivo.

A Tabela 6 apresenta uma estimativa de aumento percentual das tarifas de água percebida pelos usuários. Observa-se que apesar de o aumento médio ser da ordem de 1,18% (acréscimo de GT aos custos totais dos usuários sem PPR), o fato da Captação Imunana corresponder a aproximadamente 88,3% do volume de água captado com contribuição do PETP faz com que o demais usuários percebam um aumento percentual muito maior, entre 4,24% e 10,96% no cenário neutro, entre 7,67% e 19,82% no cenário distributivo e entre 4,96% e 11,05% no cenário diferenciado.

<sup>12</sup> Embora a captação Imunana sirva também para abastecimento não-residencial, para efeitos deste estudo está sendo considerado que o uso residencial é majoritário, de forma que seja mais bem observada a consequência da utilização de um cenário distributivo.

**TABELA 6** – Aumento percentual das tarifas por m<sup>3</sup> com PPR

USUÁRIO	% AUMENTO		
	CENÁRIO NEUTRO	CENÁRIO DISTRIBUTIVO	CENÁRIO DIFERENCIADO
<b>Ney Souza e Silva</b> abastecimento - nascente	8,66	7,84	8,65
<b>Mínéradora Costa D'água Ltda</b> indústria - nascente	9,99	18,07	9,00
<b>Itograss Agrícola de Ipanema Ltda</b> irrigação - rio/córrego	4,32	7,82	6,39
<b>Hugo de Vasconcelos Paiva</b> abastecimento de 5 famílias - nascente	8,52	7,71	8,51
<b>Água Mineral Mariquita Ltda</b> indústria - nascente	10,96	19,82	9,87
<b>Agropecuária Serra do Mar</b> indústria - nascente	5,32	9,62	7,86
<b>Primo Schincariol Ind. de Cerveja</b> três pontos de captação de água para a indústria	5,50	9,96	4,96
<b>Primo Schincariol Ind. de Cerveja</b> indústria - rio Mariquita	5,50	9,96	4,96
<b>Primo Schincariol Ind. de Cerveja</b> indústria - rio Manoel Alexandre	5,50	9,96	4,96
<b>Agropecuária Guapiaçu Ltda</b> irrigação - rio/córrego	4,24	7,67	6,27
<b>Agropecuária Guapiaçu Ltda</b> poço - lençol freático	7,48	13,53	11,05
<b>Reserva Ecológica de Guapiaçu</b> poço raso - lençol freático	7,48	13,53	11,05
<b>Captção - Imunama</b> como contribuição do parque e de grande área fora dele	1,07	0,97	1,07

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo realizado permitiu verificar resultados tanto de ordem técnica como de aplicação da metodologia PPR no caso do Parque Estadual Três Picos.

Em relação às questões hidrológicas, observa-se que apesar de ter sido possível a coleta de dados hidrológicos para a região, esses dados continham muitas falhas de leitura e armazenagem. Para um melhor tratamento destas informações, sugere-se aumentar o levantamento de dados, inclusive com a instalação de novos pluviômetros no interior do parque, ampliando, conseqüentemente, a acurácia da regionalização hidrológica.

Um outro fator importante a considerar foi o uso do SIG, que possibilitou a análise e interpretação de vários dados da região, gerando informações fundamentais para o estudo, como por exemplo, as áreas das bacias, localização dos pontos de captação e análise das precipitações médias.

Os fatores de relação representam estimativas de cada parcela do balanço hídrico, podendo variar até mesmo entre cada bacia devido às suas características pedogenéticas e estratigráficas, por exemplo. Idealmente, tais características deveriam ser consideradas, havendo demanda, portanto, de geração de dados de tipologia de solos e outros estudos específicos no interior do parque. Tais dados devem aumentar a precisão das estimativas do balanço hídrico.

O cálculo do Balanço Hídrico demonstra que a maioria dos pontos de captação analisados na Bacia Guapi-Macacu tem algum tipo de relacionamento com o PETP, o que ficou evidenciado pela taxa de contribuição calculada, em vários casos variando entre 70% e 100%. Mesmo no caso da Captção Imunana, cuja taxa de contribuição do PETP é relativamente baixa (10,13%), o grande volume de água captado, torna-a o principal usuário em termos de volume captado com contribuição do PETP dentre os usuários de toda a bacia.

É importante ressaltar que a metodologia apresentada neste estudo aplica-se a Unidades de Conservação que protegem as nascentes da bacia analisada, em que a qualidade da água fornecida pela UC é a melhor possível para os usuários a jusante. No entanto, para o caso de UCs localizadas ao longo da bacia, que funcionam como “filtros” e fornecem água a jusante de melhor qualidade que a recebida a montante, os dados de qualidade de água corretamente espacializados são essenciais para a precificação do PPR. Neste caso, as tarifas seriam também ponderadas por um indicador de qualidade do volume de água consumido pelos usuários.

Quanto à metodologia de precificação do Princípio Protetor-Recebedor (PPR), um fato muito importante a ser ressaltado é sua característica exógena ao Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Este último prevê a possibilidade de cobrança pelo uso da água para atender ao objetivo de racionalização, em que os preços são sinalizadores de escassez e dos custos de gestão relacionados a este objetivo, influenciando a demanda por recursos hídricos. No caso do PPR, o objetivo é o de financiamento de custos da UC relativos à proteção e manutenção de recursos hídricos, previsto nos artigos 47 e 48 da lei 9985/2000 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

Apesar da característica desta metodologia PPR ser exógena ao PNRH, acredita-se que ela deve ser eventualmente avaliada pelos Comitês de Bacia para que seja possível uma composição única de cobrança pelo uso da água, em que as necessidades das UCs que protegem as nascentes da bacia em questão também sejam consideradas.

Os resultados da aplicação da metodologia de precificação do PPR proposta neste estudo orientam para as seguintes propriedades de cobrança do PPR:

- (i) Seja qual for o nível de cobrança, esta vai gerar um aumento de preço do uso da água que resultará em reações do usuário que tenderá a reduzir seu consumo e, conseqüentemente, desviará demanda e diminuirá a receita efetiva. Logo um rateio simples dos gastos sem a metodologia aqui indicada que considera este desvio de demanda não resultará na receita desejada.
- (ii) A concessão de subsídios distributivos a certos usuários implicará necessariamente em aumentos de tarifa para os outros de forma que se mantenha o nível de geração de receita.
- (iii) A forma mais eficiente de calibrar as diferenças das tarifas entre usuários é estimá-las inversamente proporcionais às suas elasticidades. Dessa forma, pagam mais os usuários menos reativos a preços e, portanto, com menor produtividade no uso da

possibilidade mais ampla de substituição. Conseqüentemente, a tarifa básica é mais baixa que em qualquer outro critério alocativo.

A decisão de qual cenário será escolhido para a determinação da tarifa PPR dependerá da organização institucional da bacia em questão, em que os custos econômicos e políticos da negociação sejam avaliados. A princípio, o cenário neutro parece ser de mais fácil negociação entre os usuários, uma vez que envolve simplesmente a taxa de contribuição da UC na água captada por cada um deles. Entretanto, este cenário não considera as variações de demanda que podem ocorrer devido a um aumento na tarifa da água (dado pela elasticidade-preço dos usuários), o que está considerado no cenário diferenciado. Por outro lado, o cenário distributivo, em que subsídios possam ser oferecidos a certos usuários às custas dos demais (subsídio cruzado), pode haver uma dificuldade de negociação maior caso os critérios destes subsídios e os usuários beneficiados não sejam muito bem justificados.

Ressalta-se que nem todas as Unidades de Conservação possuem os pré-requisitos necessários para a implementação da metodologia de precificação do PPR proposta neste estudo, portanto ela não deve ser vista como uma ferramenta universal de financiamento de áreas protegidas. A aplicação desta metodologia requer a seleção de uma bacia segundo critérios específicos que viabilizam sua execução. Bacias que não atendam totalmente aos requisitos aqui apresentados devem ser analisadas caso a caso, para verificar a necessidade de uma metodologia mais apropriada.

Para a implementação desta metodologia, recomenda-se um acompanhamento especializado como auxílio ao administrador da UC e ao comitê do PPR. De forma ideal, seria interessante a capacitação dos órgãos ambientais e demais atores locais envolvidos, para que a metodologia possa ser replicada em outras UCs de maneira otimizada, em que as experiências sejam somadas e exista um amadurecimento do processo.

Enfim, observa-se que a metodologia apresentada pode ser uma ferramenta interessante como uma opção de financiamento para UCs que se encaixem nos critérios definidos. É uma metodologia baseada em princípios econômicos já bem estabelecidos, como a regra de preços públicos, em que desvios de demanda são considerados de forma a melhor representar o comportamento dos usuários de água mediante um aumento de preços. Além disso, a contribuição da UC no volume de água captado também está claramente definida, evidenciando a sua importância no fornecimento de água para toda a bacia.

Se por um lado o aumento total no valor de uso da água pode parecer elevado em termos absolutos aos usuários da bacia, que atualmente não remuneraram a proteção dos mananciais de que se servem, se analisado de forma relativa, por consumidor individual final, a conclusão pode mudar de perspectiva. Podemos partir do pressuposto conservador de que a captação Imunana atende apenas à metade dos 1,675 milhões de habitantes estimados pelo Consórcio da Bacia da Baía da Guanabara Leste, ou seja, cerca de 837 mil habitantes. Rateando o custo de proteção e manutenção dos recursos hídricos do PETP (R\$ 635.680/ano) por esses usuários, chega-se a um desembolso médio anual na ordem de R\$ 0,76/ano por usuário individual.

A metodologia adotada no presente estudo pode embasar a regulamentação dos artigos 47 e 48 do SNUC, no que diz respeito aos recursos hídricos. Entretanto, é possível que sejam necessárias adequações metodológicas para que os procedimentos aqui apresentados sejam adotados em Unidades de Conservação com contextos distintos.

## APÊNDICE TÉCNICO

### Regra de preços públicos

Se o benefício do consumo de um bem público que tem de ser maximizado de tal forma que o excedente (lucro) da sua exploração não seja negativo<sup>13</sup>, então podemos agora definir uma função de utilidade indireta ( $v$ ) com preços ( $p$ ) e excedente( $p$ ),  $v(p, p)$ , que deve ser maximizada sujeito à seguinte restrição:

$$p(p) = p_i X_i(p) - c_i(p) \quad (1)$$

onde  $X$  é uma função de demanda do bem público e  $c$  é a sua função de custo marginal de provisão. Logo a solução de otimização, utilizando multiplicadores de Lagrange, seria:

$$\partial v / \partial p_i + m X_i + m p_i \partial X_i / \partial p_i - m \partial c_i / \partial p_i \partial X_i / \partial p_i = 0 \quad (2)$$

Usando a identidade de Roy ( $\partial v / \partial p_i = -1 X_i$ ), a expressão (2) pode ser reescrita por:

$$(m-1)X_i + m((p_i - \partial c_i / \partial p_i) \partial X_i / \partial p_i) = 0 \quad (3)$$

Multiplicando e dividindo (3) por  $p_i / m X_i$  podemos obter:

$$p_i - \partial c_i / \partial p_i / p_i = p_i - \partial c_i / \partial p_i / p_i \partial X_i / \partial p_i X_i / p_i \quad (4)$$

Sendo  $\partial X_i / \partial p_i X_i / p_i$  a elasticidade-preço da demanda ( $e_i$ ), então:

$$p_i - \partial c_i / \partial p_i / p_i = - (m-1) / m e_i \quad (5)$$

Esta é a regra de Ramsey de preços públicos. Note que estamos admitindo que as elasticidades cruzadas são nulas. Para uma análise mais detalhada de precificação de preços públicos, ver, por exemplo, Starret (1988) e Atkinson (1980).

## AGRADECIMENTOS

O CSF gostaria de agradecer ao CEPF (Critical Ecosystems Partnership Fund) pelo financiamento que possibilitou a execução desse estudo. Gostaríamos de agradecer também às seguintes pessoas e instituições, que deram fundamental apoio ao projeto: Flávio Castro (IEF – PETP), Mariella Uzêda (Ibio), Ivana Lamas, Daniela Lerda e Ani Zamgochian (CI), Eduardo Lardosa (IEF), Nicholas Locke (REGUA), Peter May (REBRAAF), Alcides Pissinatti (CPRJ – ESEC Paraíso), Ernesto Castro (PARNASO), Elaine Fidalgo (EMBRAPA Solos), Delmo Vaitsman (UFRJ – IQ), Theodoros Ilias Panagoulis (UFRJ – IQ), Jorge Muniz (CEDAE), Rosana Fânzeres (CEDAE), Leila Heizer (CEDAE), Suzana Barros (SERLA), Cláudio Bohrer (UFF), Alba Simon (IBG) e Carlos Jamel (IBG).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, T.A. 1998. Aspectos distributivos na determinação de preços públicos. IPEA, Rio de Janeiro.
- Arcova F.C.S., V. Cicco & P.A.B. Rocha. 2003. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por florestas de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha - São Paulo. Revista *Árvore* 27 (2): 257-262.
- Atkinson, A.B. 1980. Lectures on public economics. MacGraw-Hill, New York.
- Consórcio da Bacia da Baía da Guanabara Leste. 2005. Projeto Água, Vida e Desenvolvimento: Diagnóstico de Conservação e Uso Sustentável da Bacia da Baía da Guanabara Leste. Co-

<sup>13</sup> Caso possa ser negativo, a regra de preço igual a custo marginal seria adotada.

- ordenadores: Mariella Uzêda & Elaine Fidalgo. Relatório Final. Rio de Janeiro.
- FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente). 2004. Plano diretor de recursos hídricos da região hidrográfica da Baía de Guanabara - PDRH-BG: PR-5A - Identificação e Compatibilização dos Usos Potenciais Prognóstico. ECOLOGUS/AGRAR, Rio de Janeiro.
- Féres, J., A. Thomas, A. Reynaud & R. Seroa da Motta. 2005. Demanda por água e custo de controle da poluição hídrica nas indústrias da bacia do rio Paraíba do Sul. IPEA, Rio de Janeiro, Texto para Discussão 108.
- Oliveira Júnior, J.C. & H.C.T. Dias. 2005. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. Revista Árvore 29 (1): 9-15.
- Ranzini, M., A.M. Righetto, W.P. Lima, M.E.G. Guandique, F.C.S. Arcova & V. Cicco. 2004. Processos hidrológicos de uma microbacia com Mata Atlântica, na região da Serra do Mar, SP. Scientia Forestalis 66: 108-119.
- Salgado, L.H. & R. Seroa da Motta. 2005. Marcos regulatórios no Brasil: o que foi feito e o que falta fazer. IPEA, Rio de Janeiro.
- Seroa da Motta, R. 2004. Análise da estrutura de demanda de recursos hídricos para usos agrícola, doméstico e industrial: uma aplicação à bacia do rio Paraíba do Sul, CT-Hidro. Relatório Final do Projeto 550111/2002-6, IPEA, Rio de Janeiro.
- Seroa da Motta, R. & F.E. Mendes. 1996. Instrumentos econômicos na gestão ambiental: aspectos teóricos e de implementação. Economia Brasileira em Perspectiva - 1996. IPEA/DIPES, Rio de Janeiro.
- Seroa da Motta, R., T. Alban, L. Saade, J.G. Feres, C. Nauges & A. Saade. 2004. Economic instruments for water management: the cases of France, Mexico and Brazil. Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- Starret, D.A. 1988. Foundations of public economics. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tsur, Y., T. Roe, R. Doukkali & A. Dinar. 2004. Pricing irrigation water: principles and cases from developing countries, resources for the future press. Washington.
- Tietenberger, T. 1996. Environmental and natural resource economics. 4ª. ed. New York: Harper Collins College Publishers.