

# ESTIMATIVAS DE GANHOS AMBIENTAIS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAVARES A PARTIR DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS NA REGIÃO.

## Alexandre Bach Trevisan

Engenheiro Químico (UFSC) Mestrado em Engenharia Química ( UFSC), trabalha desde 2008 na CASAN.

## Vanessa dos Santos

Engenheira Sanitarista, trabalha desde 2006 na CASAN.

## Karine dos Santos Luiz

Bacharel em Geografia, Técnica em Saneamento, trabalha desde 2004 na CASAN

Endereço: Rua Quinze de Novembro, 230 – Balneário – Florianópolis –SC-Brasil Tel: +55(48) 32215849 – email: atrevisan@casan.com.br, vanessasantos@casan.com.br e karine@casan.com.br

## RESUMO

Adotando como unidade de planejamento a bacia hidrográfica do Rio Tavares, localizada no centro-oeste da Ilha de Santa Catarina, buscou-se quantificar e qualificar em termos de carga orgânica (DBO) e de nutrientes (Nitrogênio e Fósforo), as cargas poluidoras originadas pelos esgotos domésticos gerados nos limites da bacia. Para isto foram analisados os projetos desenvolvidos ao longo dos anos pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento-CASAN de Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) existentes, em implantação e já implantados na bacia, bem como nas áreas adjacentes que exercem influência na qualidade ambiental da mesma. Adotando uma metodologia própria, foi gerado um mapa imagem da bacia que serviu de base para a avaliação e quantificação das cargas da bacia no período compreendido entre 2015 e 2030, segundo estimativas populacionais oficiais do município de Florianópolis. Através dos resultados obtidos, foi realizada a avaliação da instalação de três tipos de tecnologias de tratamento para a Estação de Tratamento de Efluentes do Campeche e elaboradas propostas para a definição das etapas de implantação do SES que visem à melhora da condição do ambiente da bacia hidrográfica.

Palavras-Chave: Ganho ambiental, Rio Tavares, Sistema de Esgotamento Sanitário.

## INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio Tavares está localizada na porção centro-oeste da Ilha de Santa Catarina em uma região em processo acelerado de urbanização, sendo esta a segunda maior da ilha em extensão, com uma área de drenagem de 48,36 km<sup>2</sup> (Pêgas Filho e Tirloni, 2009).

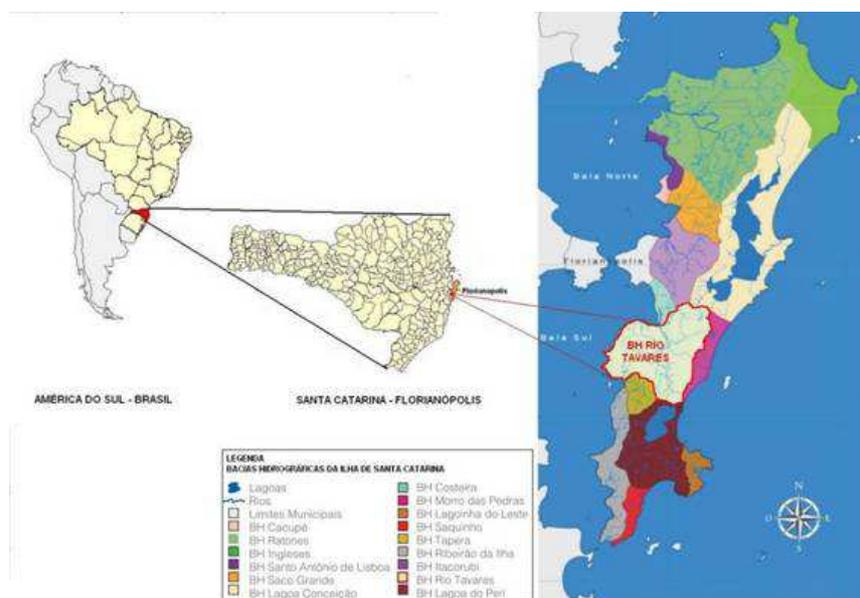


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Tavares. (Pêgas Filho e Tirloni, 2009)

Segundo Schettini et al (2000), o rio Tavares, principal curso de água da bacia hidrográfica, possui extensão aproximada de 7 km e seu médio e baixo curso percorre áreas de planície costeira que passam por um manguezal para posteriormente desaguar na Baía Sul.

Com o objetivo conservar o estuário do Rio Tavares de forma a permitir o desenvolvimento sócio-econômico da população que tradicionalmente explora os recursos naturais da região com a extração de berbigão, foi

criada em 1992 a Reserva Extrativista (RESEX) Marinha do Pirajubaé, com 1.444 ha de área total, sendo 740 ha de manguezal e 700 ha compreendendo as águas da Baía Sul.

A bacia hidrográfica do rio Tavares abrange dezenove unidades espaciais de planejamento (UEP) totalmente inseridas na Bacia e quatro parcialmente inseridas, com população residente de aproximadamente 40.000 habitantes, equivalendo a 9,35% do total de Florianópolis.

Atualmente, o sistema estuarino das baías Norte e Sul em Florianópolis apresenta características de degradação e poluição ambiental devido à expansão urbana desordenada, a ausência de infra-estrutura adequada e planejamento urbano eficiente no voltados ao controle dos impactos no meio ambiente.

Nas proximidades da Bacia do Rio Tavares foi verificada a existência de diversos projetos isolados que abrangem áreas inseridas totalmente, parcialmente, e adjacentes que exercem influência na qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Tavares. Destaca-se que manifestações populares reivindicaram a elaboração por parte da CASAN de projetos integrados, em sua maioria objetivadas pelo uso nobre dado as águas da Baía Sul para a atividade de maricultura. Neste contexto, a CASAN apresentou que a solução para este problema passaria pela disposição final dos efluentes que seriam tratados na ETE fora da região das baías, através da construção de um Sistema de Disposição Oceânica, uma intervenção cara e de longo período para conclusão, já que a mesma depende de diversas avaliações, incluindo um Estudo de Impacto Ambiental.

O presente trabalho realizou a avaliação do ganho ambiental a ser obtido com a coleta e o tratamento adequado dos esgotos gerados no interior e nas áreas adjacentes à Bacia Hidrográfica em questão, através da construção de cenários que contemplam de forma progressiva o atendimento da população, comparando estes resultados com a condição observada atualmente na bacia do rio Tavares, ou seja, a inexistência de sistema coletivo de coleta e tratamento de esgotos. A partir dos resultados gerados, elaborou-se uma proposta para a implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário através da implantação progressiva da rede coletora de esgotos, avaliando ainda diferentes tecnologias de tratamento dos esgotos, visando à sustentabilidade do empreendimento objetivando a melhoria da condição ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Tavares.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do trabalho foi realizada a sobreposição das informações especializadas contendo os levantamentos dos empreendimentos e obras existentes, em execução e com previsão de início, além das estimativas populacionais por unidade de planejamento e o uso e ocupação do solo na área de influência da bacia hidrográfica, com base na interpretação de imagens aéreas da região, dos mapas oficiais do município e dos projetos já desenvolvidos na área.

Para a análise espacial da bacia hidrográfica do rio Tavares e áreas adjacentes foram integrados os arquivos de dados com a utilização do software AutoCAD 2000 com o intuito de gerar o mapa-base da referida bacia. Este mapa base apresenta as características topográficas da região retiradas dos projetos, imagem de satélite obtidas através do software do Google Earth Pro 5.2, cartografia do Município de Florianópolis com a divisão das Unidades Espaciais de Planejamento (UEPs), plantas de rede dos Sistemas de Esgotamento Sanitário e o limite territorial oficial da RESEX Pirajubaé. O mapa-base gerado possibilitou avaliar espacialmente o uso e ocupação do solo na bacia do rio Tavares, os recursos hídricos na região, a delimitação da área de drenagem da bacia hidrográfica, as UEPs que estão totalmente ou parcialmente inseridas na bacia hidrográfica, as feições geográficas da região, as Áreas de Preservação Permanente – APP e as Unidades de Conservação.

A partir das informações do mapa gerado foi realizada a estimativa das cargas de esgotos domésticos gerados pelas UEP's avaliadas, a partir da estimativa populacional oficial do município de Florianópolis, considerando a população fixa por UEP ( $Pop^{UEP}_{Fixa}$ ) e a população fixa ( $Pop^{Dist}_{Fixa}$ ) e flutuante ( $Pop^{Dist}_{Flu}$ ) por distrito do município. De posse destes dados, foi avaliada a relação da população fixa de cada UEP pela população total de cada Distrito. Aplicando-se este fator à população flutuante estimada pelo modelo para cada distrito, foi realizada a estimativa da população total por UEP ( $Pop^{UEP}_{Total}$ ), conforme apresentado na equação 1.

$$Pop_{Total}^{UEP} = \frac{Pop_{Fixa}^{UEP}}{Pop_{Fixa}^{Dist}} \cdot Pop_{Flu}^{Dist} + Pop_{Fixa}^{UEP} \quad (1)$$

A partir dos resultados das estimativas da população total de cada UEP ( $Pop^{UEP}_{Total}$ ) foram estimadas as cargas de esgotos domésticos gerados ao longo dos anos dentro dos limites da bacia hidrográfica do rio Tavares ( $C_i$ ), em kg/dia, com a utilização de valores obtidos na literatura de contribuição *per capita* ( $C_i^{per\ capita}$ ) em termos de cada elemento de análise (i), tendo sido adotados os valores de 54gDBO/hab.dia, 8gN/hab.dia e 1gP/hab.dia de acordo com Von Sperling (2007). Para esta estimativa foram consideradas, em conjunto com a população de cada UEP, as áreas das mesmas que se encontram totalmente e parcialmente inseridas na bacia, através do fator  $f^{RT}_{UEP}$  conforme equação 2.

$$C_i = \frac{\text{Pop}_{\text{Total}}^{\text{UEP}} \cdot C_i^{\text{per capita}}}{1000} \cdot f_{\text{UEP}}^{\text{RT}} \quad (2)$$

Com os valores das cargas calculados para cada UEP foram criados os cenários progressivos de coleta e tratamento dos esgotos ao longo do tempo (j). O ordenamento dos cenários de atendimento baseou-se nas condições de infraestrutura de rede coletora de esgotos já instalada; proximidade da RESEX Pirajubaé e adensamento populacional. Em cada cenário as cargas totais ( $C_{i,j,k}^{\text{TOT}}$ ) foram calculadas considerando as cargas difusas originadas pelos esgotos gerados nas áreas não contempladas com coleta inseridas na bacia ( $C_{i,j}^{\text{DIF}}$ ) e como carga pontual, os efluentes tratados na ETE ( $C_{i,j,k}^{\text{ETE}}$ ).

$$C_{i,j,k}^{\text{TOT}} = C_{i,j,k}^{\text{ETE}} + C_{i,j}^{\text{DIF}} \quad (3)$$

Foram realizadas simulações para avaliar três diferentes níveis de tratamento de esgotos (k) a fim de verificar as remoções necessárias na ETE, em termos de DBO, Nitrogênio e Fósforo, tendo sido considerados para a ETE A remoção de 80% em termos de DBO, 10% em termos de Nitrogênio Total (N) e 10% em termos de Fosforo Total (P). Para a ETE B 80% em termos de DBO, 50% em termos de N e 50% em termos de P No caso da ETE C 95% em termos de DBO, 83% em termos de N, 91% em termos de P.

Para mensurar o ganho ambiental ( $G_{i,j,k}^{\%}$ ) utilizou-se como referência a condição de estrutura observada hoje da bacia hidrográfica, ou seja a falta completa de oferta do serviço de coleta e tratamento de esgotos, utilizando a carga prevista de cada componente (i) no ano (j) referência de 2015.

$$G_{i,j,k}^{\%} = 1 - \frac{C_{i,j,k}^{\text{TOT}}}{C_{i,2015}^{\text{TOT}}} \quad (4)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento vegetativo estimado da população total geograficamente residente dentro dos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Tavares gera um aporte crescente de cargas lançadas na mesma, gerando um ganho ambiental negativo, ou seja, piora da condição ambiental na região. Considerando os valores das cargas estimados para 2015 como sendo a referência para o estabelecimento do ganho ambiental na região, pode-se observar um decréscimo na qualidade ambiental da região gerando uma estimativa de aumento dos aportes prevista para 2030, de aproximadamente 30%, para todos os componentes de análise.

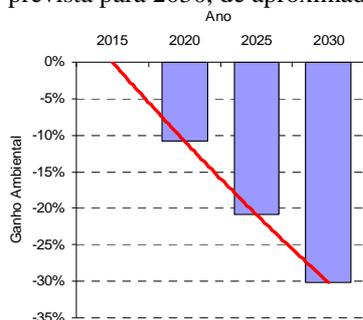


Figura 2- Avaliação da evolução do ganho ambiental com a perpetuação do cenário de não atendimento de esgotos na Bacia do Rio Tavares.

Este prejuízo as condições da Bacia tornaram evidente a necessidade de existência da coleta e de avaliação do grau necessário de tratamento (k) a ser dado ao efluente, em termos de cada componente (i - DBO, N e P) de acordo com os cenários de atendimento e baseado nas perspectivas de ganhos ambientais em termos de cada componente analisado, dando especial atenção aos nutrientes, devido às baixas velocidades observadas no curso de água. A figura 2 aponta os ganhos ambientais estimados para o componente limitante (N) para todos os cenários no ano referência de 2030, considerando os três tipos de ETE.

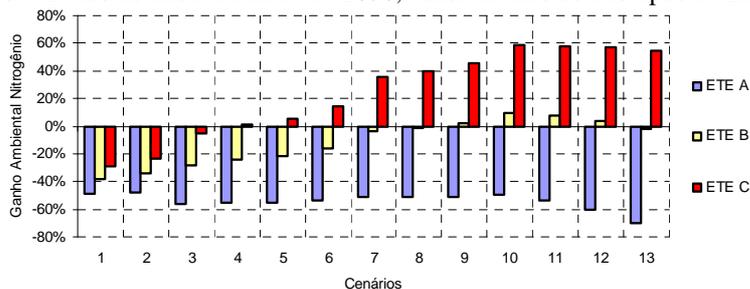


Figura 3- Avaliação dos ganhos ambientais em termos de Nitrogênio ao longo da implantação dos cenários propostos com os diferentes tipos de ETE, para o ano de referência de 2030.

Verificou-se ser inviável a instalação na região do rio Tavares de estações de tratamento de esgotos sem remoção de Nutrientes (ETE A), já que para todos os cenários os ganhos ambientais deste tipo de ETE se apresentam negativos. A instalação de uma estação com remoção parcial dos mesmos (ETE B) começa a apresentar ganhos positivos apenas a partir do cenário 10, e mesmo assim muito pequenos, abaixo de 10% em termos de Nitrogênio e Fósforo. Já a execução de uma estação com elevados índices de remoção de nutrientes (ETE C) aponta para valores de ganhos ambientais positivos no ano limite de 2030, a partir do cenário 4.

Foi constatado que ao longo do tempo, incrementos na área de cobertura devem ser realizados para sustentar e ampliar os ganhos ambientais obtidos. Com base na evolução de todos os cenários foi realizada a construção das etapas do empreendimento. Nesta proposição cada etapa é constituída de um conjunto de áreas a serem atendidas com o serviço de coleta e tratamento de esgotos em um determinado horizonte-meta (2015, 2020, 2025 e 2030).

Para a análise dos resultados, o ano referência deve ser entendido como o ano final da etapa, sendo que, quanto antes for colocado em operação a rede de coleta, maiores serão os ganhos estimados. Seguindo estas proposições de etapas foi estimada a evolução do ganho ambiental ao longo da implantação do empreendimento.

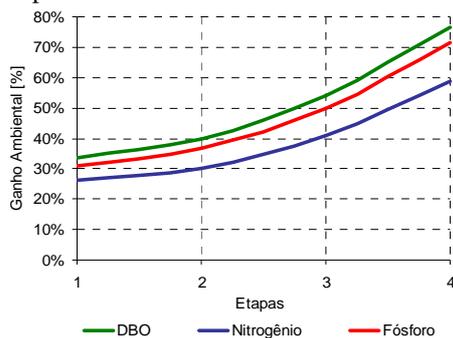


Figura 4- Evolução dos Ganhos Ambientais ao longo das etapas do empreendimento

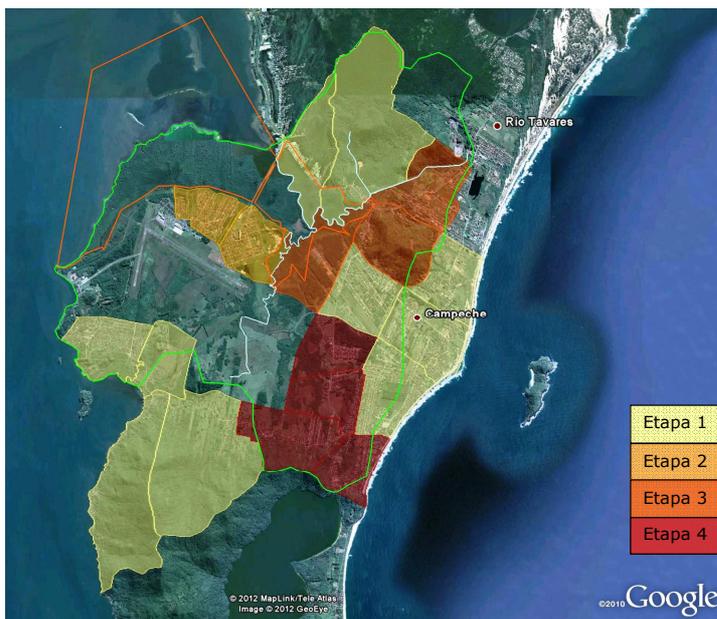


Figura 5- Áreas a serem atendidas em cada etapa proposta.

## CONCLUSÃO

Devido as previsões de aumento da população na bacia hidrográfica do Rio Tavares, a tendência é de que os aportes de carga sejam incrementados em dez pontos percentuais a cada período de cinco anos, o que aponta para a necessidade da execução de medidas que visem o saneamento ambiental desta bacia.

A avaliação das cargas realizadas nos cenários avaliados aponta para a potencial melhora nas condições ambientais originadas pelo aumento no atendimento de coleta de esgotos na região, no entanto, o aumento da coleta deve ocorrer de forma planejada, visando áreas que efetivamente tragam benefícios ambientais para a região.

Os resultados obtidos permitem a definição de parâmetros mensuráveis que possibilitam a colocação em prática de ferramentas de planejamento amplamente divulgadas e citadas em legislação, porém pouco utilizadas, como por exemplo, a definição das metas progressivas de atendimento, tendo como objetivo não apenas as limitações econômicas, mas os benefícios ambientais que o empreendimento pode trazer. Neste caso, as metas progressivas foram planejadas em etapas de atendimento, conforme o ano de referência de sua operação. Estes resultados mostraram que é possível a definição de etapas que possibilitem o ganho ambiental crescente na região, de forma a vencer o crescimento estimado para as áreas de atendimento, garantindo a sustentabilidade da região, objetivando ganhos comuns a todos inseridos na bacia hidrográfica e a melhoria da condição ambiental da mesma.

A avaliação do tipo de tratamento a ser dado na ETE mostrou que, mais do que os parâmetros legais, é de fundamental importância a avaliação dos efetivos ganhos que o empreendimento traz como um todo, permitindo assim a integração e potencialização dos benefícios que a instalação de um SES pode oferecer à região na qual está inserido. Segundo as avaliações realizadas, o efetivo ganho ambiental do SES avaliado se dá com a instalação de uma ETE com tratamento terciário, com elevado grau de remoção de nutrientes, que se justifica devido à fragilidade e importância ambiental da região.

Com o crescimento populacional, pode-se observar que a implantação do SES se apresenta como um elemento chave para a garantia da qualidade ambiental da bacia, diminuindo o aporte de poluição difusa através da implantação por etapas do sistema coletor de esgotos para tratamento avançado dos esgotos em termos de remoção de nutrientes. É verificado também que, atendendo a premissa básica do estudo, o lançamento dos efluentes devidamente tratados no rio Tavares fornece ganhos ambientais crescentes em todas as etapas de implantação do empreendimento. Paralelamente a isto existe a necessidade de ampliação da coleta e tratamento de esgotos nas regiões adjacentes a bacia que não estão inseridas na mesma. Estes esgotos, se encaminhados para a ETE Campeche e lançados, mesmo que tratados com o nível apontado pelo estudo, no Rio Tavares tendem a reduzir os ganhos ambientais do empreendimento. Neste sentido é de fundamental importância a destinação destes efluentes em outra região, que possua condições ambientais que permitam a continuidade das perspectivas de ganhos ambientais na bacia do Rio Tavares. A partir deste momento a instalação de um Sistema de Disposição Oceânica deverá ocorrer para assegurar a sustentabilidade ambiental no longo prazo.

## REFERÊNCIAS

1. CHAMUN, C. C. (2008) Avaliação da poluição difusa de esgoto doméstico veiculado à bacia hidrográfica urbana. Santa Maria-RS
2. FERRETI, O. (2007) Mapa Unidades de Conservação e áreas de preservação permanente municipais na Ilha de Santa Catarina. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de Federal de Santa Catarina, Florianópolis -SC
3. FILHO, O. C. R.; LIBOS, M.; ZEILHOFER, P. (2003) Modelagem da Poluição não Pontual na Bacia do Rio Cuiabá baseada em Geoprocessamento. Revista Brasileira de Recursos Hídricos- RBRH, v 8 n°4., pp. 115-135.
4. HAUPT, J. P. de O. (2009) Metodologia para avaliação do potencial de produção de poluição difusa: estudo de caso da bacia do rio Jundiá. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo- SP, 126 p.
5. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBIO/MMA. Unidades de Conservação- Resex Pirajubaé. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros/marinho/unidades-de-conservacao-marinho/2294-resex-pirajubae>. Acesso em: fev /2012.
6. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO/MMA. (2009) Documento Consolidado da Caracterização da Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé com indicação de estudos prioritários e subsídios para construção do plano de utilização e programas de sustentabilidade. Plano de Manejo Participativo, Florianópolis-SC, 2009. 90 p.
7. MANSOR, M. T. C.; FILHO J. T.; ROSTON D. M. (2006) Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma sub-bacia do Rio Jaguari, SP. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10, n.3, pp. 715–723.
8. PÊGAS FILHO, A. N.; TIRLONI, D. V. (2009) Diagnóstico das Bacias Hidrográficas de Florianópolis. Org. por Brotar e Crescer (ONG) e Acif, Florianópolis –SC.
9. PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS – PMF. Cartografia do Município de Florianópolis - Geoprocessamento Corporativo - Disponível em: [www.pmf.sc.gov.br](http://www.pmf.sc.gov.br). Acesso em : fev 2012.
10. SCHETTINI, C. A. F.; PEREIRA Fo., J. e SPILLERE, L. (2000) Caracterização Oceanográfica e Biogeoquímica dos Estuários dos Rios Tavares e Defuntos – RESEX Pirajubaé, UNIVALI, Florianópolis, SC, pp 11-28
11. VON SPERLING, M. (2007) Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG, Belo Horizonte, 7, 588 p.