

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

A INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA CAPTADA NO CUSTO COM COAGULANTE CONVENCIONAL E ALTERNATIVO PARA TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

THE INFLUENCE OF QUALITY OF WATER CAPTURED IN GROSS COST WITH CONVENTIONAL AND ALTERNATIVE COAGULANT PUBLIC SUPPLY WATER TREATMENT

Beatriz Stoll Moraes, Ana Paula Fleig Saidelles, André Carlos Cruz Copetti, Maria Angélica Luiz Gomes e Paulo Éber Soares da Silveira

RESUMO

A compreensão dos processos de alteração da qualidade das águas em rios é fundamental para o planejamento de uso das bacias hidrográficas, e principalmente, para manutenção desse recurso. A qualidade da água superficial é reflexo das condições ambientais dentro de uma bacia hidrográfica: quanto menor a interferência antrópica à montante do ponto de captação de água a ser tratada para abastecimento público, melhor será a qualidade da água a ser tratada e, por sua vez menores serão os gastos com produtos destinados a sua potabilização. O objetivo deste trabalho é quantificar os custos com o processo de tratamento de água para dois coagulantes primários diferentes: um inorgânico à base de alumínio e outro orgânico à base de extrato de casca de acácia negra. Definiu-se oito pontos diferentes ao longo do Rio Vacacaí, dentro do Município de São Gabriel/RS, pontos estes escolhidos pelas características apresentadas de proximidade de uma das nascentes e de contribuição de lançamento de esgoto ao longo do curso, verificando a possível influência da qualidade do manancial no cálculo destes custos. Como resultados, obteve-se custos maiores à medida que os pontos se aproximaram da área urbana, chegando a ter diferença para mais entre os pontos P4 e P6 de 55% para o coagulante policloreto de alumínio e 88% para o coagulante ACQUAPOL C1 18[®].

Palavras-chave: Gestão dos Recursos Hídricos; custos; Tratamento de Água; Rio Vacacaí

ABSTRACT

The understanding of the processes of change in water quality in rivers is crucial for planning use of watersheds, and especially for maintaining this resource. The surface water quality is a reflection of environmental conditions within a watershed: the less the amount of anthropogenic interference pickup point of water to be treated for public supply, the better the quality of the water being treated and in turn minors are spending their products for purifying plants. The objective of this study is to quantify the costs of the process water treatment for two different primary coagulants: an inorganic with aluminum and other organic with extract of black Acacia. Defined eight points different along the Vacacaí river, in São Gabriel/RS, these points chosen by the features presented next a water springs and others contribution Wastewater management along the course, checking the possible influence of quality in the calculation of these costs. As a result, obtained higher costs as they approached the points of an urban area, reaching more difference to be between points P4 and P6 to 55% of the polyaluminium chloride and 88% for the ACQUAPOL C1 18[®].

Keywords: Water Resources Management; cost, Water Treatment; Vacacaí River

Introdução

A água é um recurso natural renovável finito essencial para a sobrevivência de todos os seres vivos. É considerada solvente universal e utilizada pelo homem para : abastecimento público, uso industrial, irrigação, dessedentação de animais, conservação de fauna e flora, recreação, estética, pesca, geração de energia, transporte, diluição e depuração dos pespejos (LEME, 2010).

A compreensão dos processos de alteração da qualidade das águas em rios é fundamental para o planejamento de uso das bacias hidrográficas, e principalmente, para manutenção desse recurso.

A qualidade da água superficial é reflexo das condições ambientais dentro de uma bacia hidrográfica. Quanto menor a interferência antrópica à montante do ponto em questão, melhor é a água. O planejamento e o grau de comprometimento dos órgãos públicos e dos usuários do rio determinarão o grau de risco de contaminação por fontes pontuais ou difusas de poluição, tais como: esgotos domésticos, deflúvio superficial agrícola e urbano, e efluentes industriais .

O controle da poluição da água é necessário para assegurar e manter níveis de qualidade compatíveis com sua utilização. A vida no meio aquoso depende da quantidade de oxigênio dissolvido, de modo que o excesso de dejetos orgânicos e inorgânicos na água reduz o nível de oxigênio e impossibilita o ciclo biológico normal (BORSOI e TORRES, 1997).

A ausência de projetos de saneamento e de gestão ambiental tem provocado o lançamento de águas residuárias sem tratamento adequado nos corpos hídricos, o que tem causado uma série de problemas ambientais, sociais e econômicos, constituindo-se em risco à saúde pública. Dentro das estratégias de elaboração de projetos adequados que visem à preocupação com a saúde e bem estar da população, que nada mais é que a formulação de alternativas de solução dos problemas relativos principalmente ao abastecimento de água e tratamento de esgoto.

O Rio Vacacaí que abastece o município de São Gabriel é fonte de água potável para a população de 50 mil habitantes, de irrigação em cultivos como o de arroz, soja e pastagens e ainda vital para criação de animais. Sua bacia sofre com a falta de água nos períodos longos de estiagem, que coincidem com as estações mais quentes do ano.

Levando em consideração a variação do volume das águas do Vacacaí durante o ano, sua capacidade de autodepuração, a qualidade físico-química do manancial, o lançamento de esgoto em determinados pontos do município na grande maioria sem tratamento, elaborou-se um trabalho com objetivo de quantificar os custos com os produtos utilizados no processo de tratamento de água, mais especificamente os coagulantes primários.

Objetivos

Os objetivos deste trabalho é quantificar os custos do processo de tratamento de água para dois coagulantes diferentes, em oito pontos diferentes entre a montante (próximo à nascente) e jusante do Rio Vacacaí, dentro do Município de São Gabriel/RS, pontos estes escolhidos pelas características de pouca até muita alteração antrópica.

Revisão Bibliográfica

Com base em dados obtidos na Agência Nacional das Águas (2013), nota-se que a água doce disponível é pouca para uma população que vem aumentando exponencialmente, e que utiliza cada vez mais esse recurso de maneira desordenada e sem conhecimento, sem que haja preocupação com o seu término.

Os indicadores de saneamento de 2010 (ANA, 2013) mostravam que na região sul (bacia Atlântica), 91% da população é abastecida por água, valor equivalente à média

nacional. As unidades hidrográficas da região apresentavam índices de atendimento da população por esgoto, entre 37 e 70%. O nível de esgoto tratado é considerado baixo, apresentando valores entre 10 e 19%.

Estes valores baixos de tratamento influenciam diretamente na qualidade dos mananciais, sejam eles superficiais ou subterrâneos. O crescimento populacional como industrial, o aumento de áreas cultivadas ou utilizadas para criação fazem com que ocorra um dilema relacionado à manutenção ou fornecimento de águas com quantidade e qualidade adequadas.

O aspecto relacionado com qualidade de água é uma preocupação datada dos primórdios da população. Viessman & Hammer (1999) citam as primeiras estruturas conhecidas para suprimento de água datada de 5.000 anos atrás, na Mesopotâmia.

O homem vem realizando esforços para evitar a poluição via esgoto bruto e de águas residuárias (industriais), mas isto depende muito da legislação local e de quanto a população está informada da importância da participação de cada um no processo.

É fácil perceber o grau de Educação Ambiental ou consciência ambiental ao se visitar um município. A presença de lixo nas ruas é um indício que algo não vai bem. Estes em uma enxurrada certamente contribuirão para alagamentos de ruas e diminuição da vazão dos rios.

Os gregos foram os primeiros a se preocupar com os esgotos domésticos gerados nas cidades (LEME, 2010), desenvolvendo uma estrutura que permitia seu transporte para fora da cidade, por meio de drenos e canais, até a área agrícola, para que pudesse ser disposto e aplicado na lavoura, aproveitando os nutrientes e o volume de líquidos presentes.

Na era moderna, a instalação de rede coletora de esgotos teve início na Europa, no começo do século XIX, enquanto que a implantação de sistemas de tratamento de esgotos domésticos só ocorreu a partir do século XIX e início do século XX (LEME, 2010). Algo semelhante ocorrera nos Estados Unidos da América. A importância sobre as águas surgiu com a escassez do recurso límpido. Até 1925, 80% dos municípios com mais de 100 mil habitantes não possuíam estações de tratamento de esgotos, mudando esta situação só na década de 1970.

Na Inglaterra o movimento foi consolidado em 1945, pelo Decreto das Águas, pela eterna tentativa de despoluir o rio Tâmsa e no Brasil, o tratamento de efluentes de modo em geral foi levado mais à sério a partir da década de 70, com a construção de centenas de estações de tratamento de água novas e a implantação de um número menor de estações de esgotos, estas ainda em funcionamento até hoje, muitas sucateadas.

Segundo Leme (2010), Richter (2009) e Von Sperling (1996), os principais efeitos causados pela presença de poluição num corpo hídrico são:

- redução do padrão da qualidade da água usada para o abastecimento da população, irrigação, indústria, criação e outros usos;
- destruição de flora e fauna aquática;
- floração de microalgas que podem causar odores e dificultar o funcionamento dos filtros nas estações de tratamento;
- redução do potencial hidráulico;
- redução das atividades desportistas e de lazer;
- redução da capacidade de assentamentos urbanos e rurais;
- perigo potencial à saúde pública;
- exigência de tratamentos cada vez mais sofisticados para as águas de abastecimento público.

Neste último item está focado o presente trabalho que também Sirigate et al. (2005) aborda de maneira um pouco diferente, utilizando dados fornecidos pela Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR (2005). Estes autores levaram em consideração a

variação em porcentagens da quantidade de produtos utilizados dentro de uma estação de tratamento, ao longo do ano, concluindo que para evitar o aumento com produtos químicos devido a piora na qualidade das águas devido à poluição e presença de algas, deve-se investir em monitoramento e gerenciamento dos mananciais. Só assim pode-se evitar a degradação e desgaste dos recursos hídricos.

Metodologia

Para realizar os testes (*Jartest*) utilizados no cálculo dos custos com produtos coagulantes, foram escolhidos 8 pontos estratégicos ao longo do Rio Vacacaí, dentro do Município de São Gabriel/RS, levando em consideração a qualidade do manancial.

Os pontos escolhidos são (Figura 1):

- *Ponto 1*: localizado na área rural, à montante da barragem VAC 4, sem influencia do barramento das águas, em área particular (Fazenda Santa Helena) próximo à uma das nascentes do Rio Vacacaí.
- *Ponto 2*: localizado em área rural, na barragem VAC 4, com influencia do barramento das águas.
- *Ponto 3*: localizado em área urbana, próximo a ponte Santa Brígida, à montante do primeiro contato do rio com efluentes domésticos e industriais (Balneário Passo dos Pintos)
- *Ponto 4*: localizado em área urbana, próximo a ponte Santa Brígida, à jusante do primeiro contato do rio com efluentes domésticos e industriais (Balneário do Cezar).
- *Ponto 5*: localizado em área urbana, junto ao posto pluviométrico do Rio Vacacaí, nos pilares da ponte da BR 290.
- *Ponto 6*: localizado em área urbana, com influência de esgotos domésticos (Monumento à Iemanjá).
- *Ponto 7*: localizado em área urbana, com influência de esgotos domésticos. É o ponto mais distante da nascente (Bairro Beira Rio).
- *Ponto 8*: localizado em área urbana. É um ponto estratégico de lançamento de efluente industrial, também próximo a ponte Santa Brígida.

O processo de tratamento da água começa com a captação da água bruta dos mananciais hídricos, o qual será tratada de acordo com as técnicas adequadas, a fim de que esta possa ser destinada aos consumidores dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria MS 2.914/2011.

A água é bombeada até à estação de tratamento, onde sofre a primeira intervenção química, com um produto chamado coagulante, que poderá ser metálico ou orgânico (RICHTER, 2011).

Os coagulantes mais utilizados são:

- *Metálicos* – Sulfato de Alumínio e Ferro III; Policloreto de Alumínio – PAC; Cloreto de Ferro III;
- *Orgânicos* – tanino extraído de casca de acácia negra; fécula de batata; quitosana.

Juntamente com o coagulante principal, a água poderá receber auxiliares de floculação chamados de polieletrólitos e o cal, quando necessário para ajuste da alcalinidade total importante para a formação de um floco adequado para sedimentação.

Para os cálculos de custos foram utilizados somente os coagulantes principais: um metálico (PAC) e um orgânico (ACQUAPOL C1 18[®]).

Para a realização do teste de jarros (*Jartest* – Figura 2), foram analisados os parâmetros físicos: pH, cor, turbidez e condutividade elétrica. Todos estes parâmetros influenciam direta ou indiretamente na eficiência dos coagulantes utilizados.

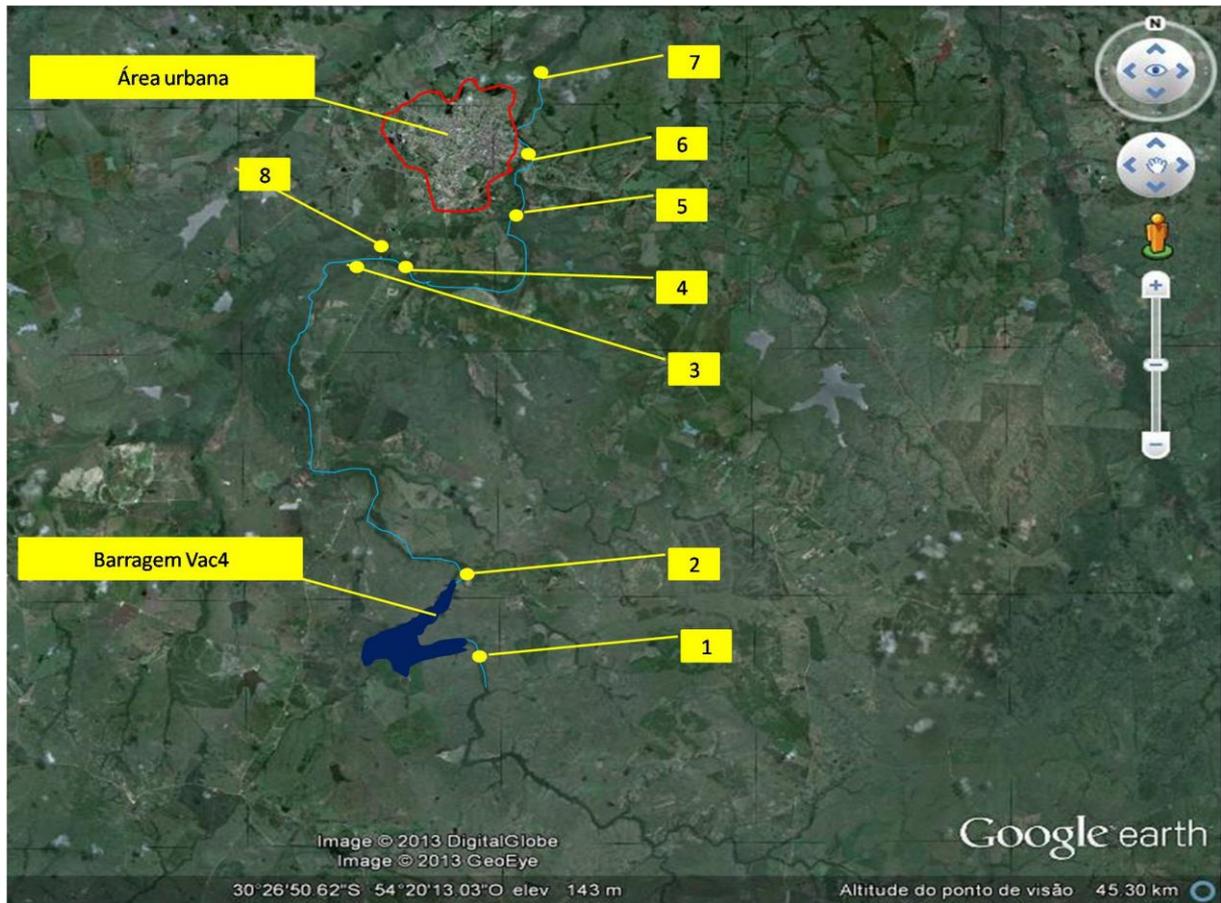


FIGURA 1: Distribuição geral dos pontos de coleta (Fonte: *Google Earth*)

Em cada jarro do equipamento são colocados 2 litros de água bruta do ponto em questão (Figura 3) e 1mL de polieletrólito (auxiliar de coagulação).

As condições de trabalho do equipamento foram as apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1- Condições de funcionamento do equipamento *Jartest* para cada coagulante:

	200 rpm	80 rpm	60 rpm	40 rpm	repouso
PAC	2 min	2 min	2 min	12 min	30 min
Acquapol C1 18®	6 min	3 min	3 min	20 min	30 min

A águas amostradas em cada ponto (Figura 3) foram testados separadamente com PAC e com Acquapol C1 18®.



FIGURA 2: Vista do equipamento *Jarrest* (Fonte: Autores)



FIGURA 3: Amostras dos pontos 1 a 8 (da direita para esquerda) (Fonte: Autores)

Pode-se observar que visualmente a coloração vai aumentando à medida que o número do ponto aumenta (ponto 1 bem à direita e ponto 8 bem à esquerda). Maiores detalhes serão apresentados na Tabela 2 com os valores medidos dos parâmetros físicos aqui analisados.

Com os resultados dos testes de jarros foram calculados de forma simples a quantidade de produtos utilizados para cada ponto, e tendo os valores de densidade e valores por quilograma, pode-se chegar à Tabela 3 e 4 que serão apresentadas e discutidas a seguir.

Resultados e Conclusões

A Tabela 2 apresenta os valores dos parâmetros físicos obtidos logo após a coleta das amostras nos oito pontos estipulados. Estes dados são muito importantes para a determinação das concentrações dos coagulantes necessárias para cada teste. Gráficos foram gerados a partir dela (Figuras 4 e 5).

Tabela 2- Resultados dos parâmetros físicos analisados para a água coletada nos oito pontos:

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
pH	6,8	6,8	6,2	6,6	6,8	6,9	6,9	7,1
Turbidez (UT)	5,94	11,30	9,09	6,90	12,60	29,70	27,00	28,90
Cor (UC)	71,0	142,4	87,2	85,8	89,4	204,5	191,1	258,9
Condutividade (µmhos/cm)	82,0	66,4	41,6	54,2	46,2	48,0	49,1	44,2

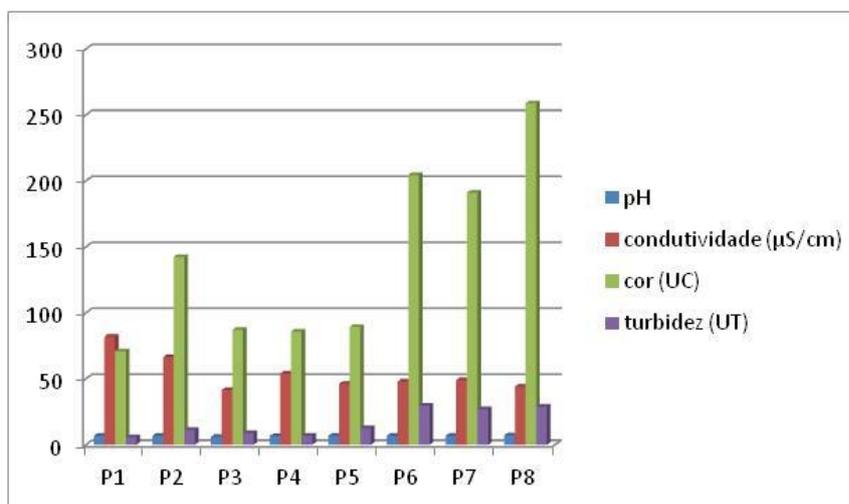


FIGURA 4: Comparação entre os pontos de coleta dos parâmetros físicos pH, condutividade, cor e turbidez. (Fonte: Autores)

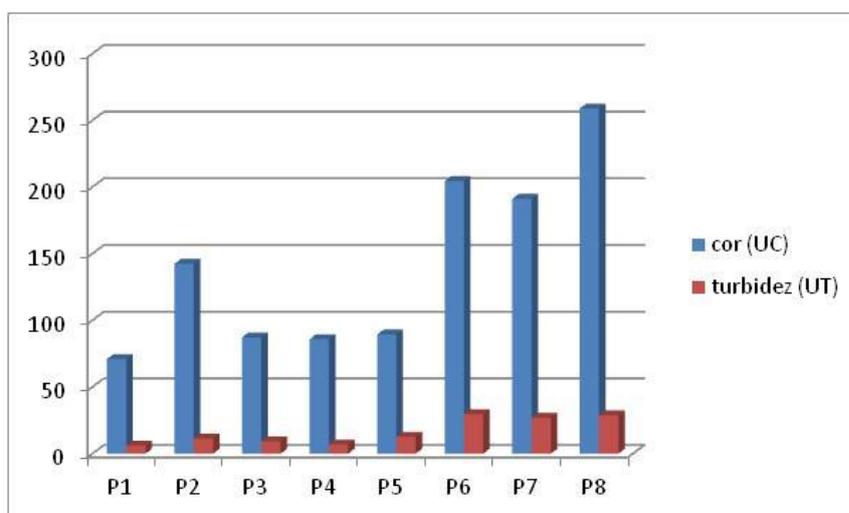


FIGURA 5: Comparação entre os pontos de coleta dos parâmetros físicos pH e cor. (Fonte: Autores)

Levando-se estes dados em consideração, obteve-se as concentrações de clarificação das águas apresentadas na Tabela 3 em mg/L de cada produto. A escolha da melhor concentração foi determinada pelo conjunto cor/turbidez das amostras clarificadas (Figura 6).

Tabela 3- Resultados dos testes: concentração ideal para cada coagulante primário (mg/L):

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
PAC	6,6	6,0	6,0	8,0	6,0	18,0	8,0	15,0
Acquapol C1 18®	2,5	8,0	8,0	2,0	7,0	17,0	10,0	16,0

Um exemplo de teste é apresentado na Figura 6, após a clarificação com produto orgânico.

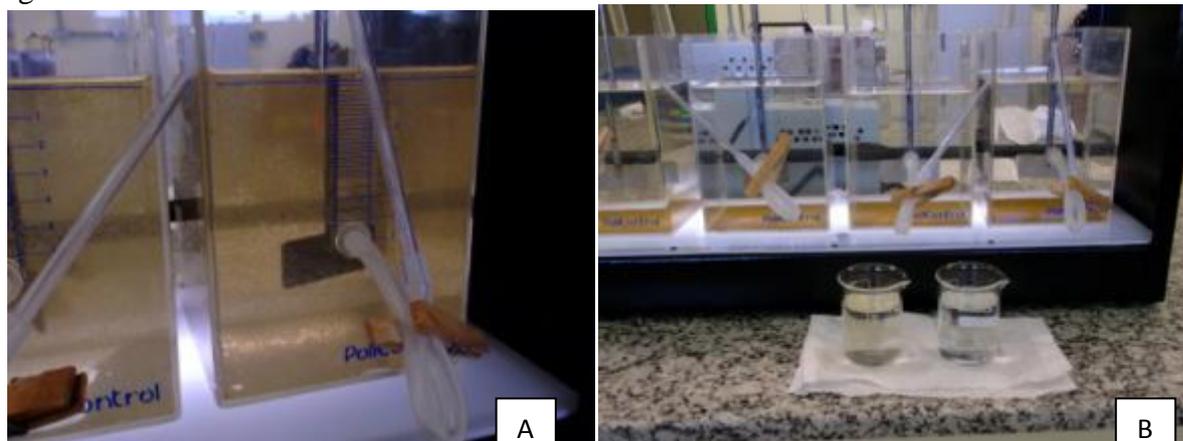


FIGURA 6: Uma amostra do resultado de um teste: A) água bruta flocculada com coagulante orgânico e; B) a água após sedimentação. Bem à frente da Figura B, a amostra antes (esquerda) e após tratamento (direita).
(Fonte: Autores)

Para o cálculo dos custos foram necessários:

- ✓ o volume de água tratada por dia na Estação de tratamento de Água do município de São Gabriel/RS – 13,6 milhões de litros por dia.
- ✓ Densidade do PAC – $d=1,36$ e R\$1,16/Kg
- ✓ Densidade do Acquapol C1 18® - $d=1,08$ e R\$

A partir da Tabela 3 e dos dados necessários, elaborou-se a Tabela 4, relativa aos custos finais dos gastos com produtos e seus respectivos gráficos (Figuras 7 e 8):

Tabela 4- Resultados dos testes: concentração ideal para cada coagulante primário (mg/L):

	mg PAC/L	mg TAN/L	Kg PAC/d	Kg TAN/d	Kg PAC/ano	Kg TAN/ano	R\$ PAC/ano	R\$ TAN/ano
P1	6,6	2,5	114,0	34,2	41.057,3	12.312,0	47.626,44	16.251,84
P2	6	8	103,7	109,4	37.324,8	39.398,4	43.296,77	52.005,89
P3	6	8	103,7	109,4	37.324,8	39.398,4	43.296,77	52.005,89
P4	8	2	138,2	27,4	49.766,4	9.849,6	57.729,02	13.001,47
P5	6	7	103,7	95,8	37.324,8	34.473,6	43.296,77	45.505,15
P6	18	17	311,0	232,6	111.974,4	83.721,6	129.890,30	110.512,51
P7	8	10	138,2	136,8	49.766,4	49.248,0	57.729,02	65.007,36
P8	15	16	259,2	218,9	93.312,0	78.796,8	108.241,92	104.011,78

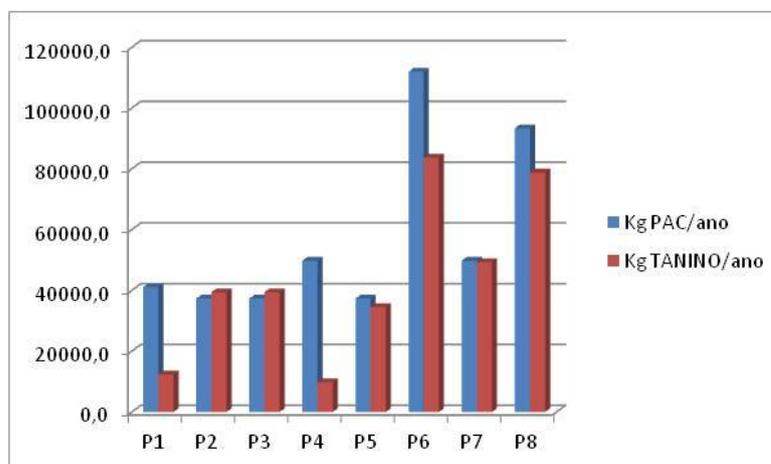


FIGURA 7: Comparação entre PAC e Acquapol C1 18® com relação à quantidade de produto necessário em Kg/ano.

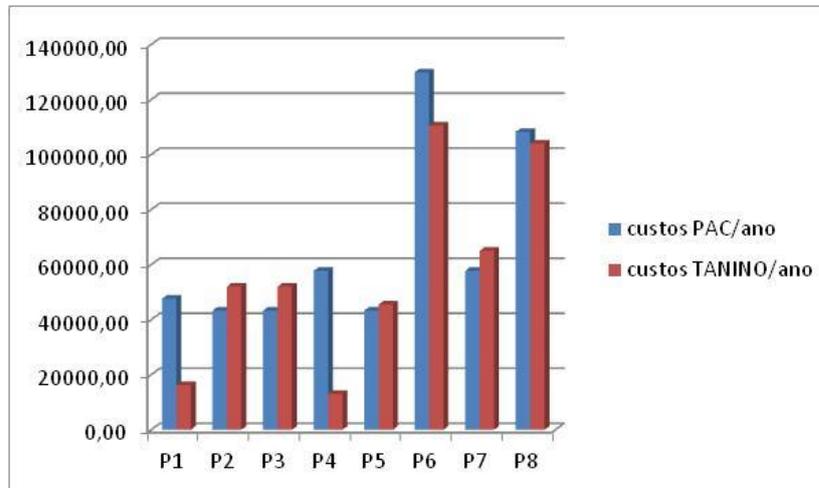


FIGURA 8: Comparação entre PAC e Acquapol C1 18® com relação ao custo com os coagulantes em R\$/ano.

Após análise da Tabela 4 e gráficos (Figuras 7 e 8) observou-se:

- 1) A tendência do aumento dos produtos à medida que a qualidade da água bruta piora;
- 2) Alguns pontos não apresentaram diferenças significativas, ou seja para este tipo de análise encontram-se muito próximos, podendo ser escolhido somente um para continuidade dos estudos;
- 3) Embora tenha sido utilizado produtos para o ponto P1, na prática não seria adotada esta forma de tratamento. O ponto é muito límpido, sendo necessário somente uma filtração simples em filtro de areia e cloração, antes da distribuição para a população (CONAMA 357/2005)(Portaria MS 2914/2011). Neste caso, os produtos “sujaram” a água, conferiram cor. O gasto com produtos deveria ser considerado ZERO;
- 4) Há um aumento significativo de produtos entre os pontos P4 (início de área urbana) e P6 (ponto de grande movimentação e despejo de esgoto doméstico), chegando na ordem de 55% para o PAC e 88% para o Acquapol C1 18®.

Para o manancial do rio Vacacaí concluiu-se que há uma influência direta da qualidade das águas com os gastos com os produtos utilizados no processo de floculação/coagulação para a estação de tratamento de água para abastecimento humano do município de São Gabriel/RS, podendo chegar a 55% entre os pontos P4 e P6 para PAC e 88% para o Acquapol C1 18®.

Limitações

As limitações estão restritas a coleta das amostras. Não é possível coletar em dias de chuva ou após longos períodos de precipitação, como os apresentados em períodos sob influência do fenômeno El Niño. O manancial permanece com uma única característica ao longo de todo o trecho, com águas barrentas e volumosas.

Recomendações de estudos

Recomenda-se a continuidade dos testes, mas utilizando somente os pontos P4 e P6. Estes dois representam por completo a diferença de qualidade do manancial aplicado ao Rio Vacacaí, para o Município de São Gabriel/RS.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acesso 12 de jul. 2013.

BORSOI, Zilda Maria Ferrão; TORRES, Solange Domingo Alencar. A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**, 1997. Disponível em: <http://rash.apanela.com/tf/IEEE/rev806.pdf>. Acesso: 06 jul. 2014.

BRASIL. Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Disponível em: <http://www.caern.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/caern/arquivos/pdf/portaria-ms-2914.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2013

LEME, Edson José de Arruda. **Manual Prático de Tratamento de Águas Residuárias**. São Carlos:EdUSCar, 2010.

RICHTER, Carlos A. **Água: métodos e tecnologias de tratamento**. São Paulo: Edgard Blücher, 2011.

SIRIGATE, Priscila et al. Gestão da qualidade ambiental da água de mananciais de abastecimento público como estratégia de redução de custos. [Anais] XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil, 29 out a 01 de nov de 2005.

VISSMANN Jr, Warren; HAMMER, Mark J. **Water supply and pollution control**. 6a. ed. California:Addison Wesley Longman. 1998. 827p