

II-521 – CAPACIDADE DE AUTODEPURAÇÃO DO ARROIO HERMES COMO CORPO RECEPTOR DE EFLUENTES DOMÉSTICOS

Bibiane Nardes Segala⁽¹⁾

Aluna de graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Ana Beatris Souza de Deus Brusa⁽²⁾

Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH/UFRGS). Professora Associada (UFSM/CT).

Ana Letícia Sbitkowsk Chamma⁽³⁾

Aluna de graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Franciele Prado de Medeiros⁽⁴⁾

Aluna de graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Endereço⁽²⁾: Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Avenida Roraima – Camobi – Santa Maria – RS – CEP: 97105-340 – Tel: (55) 32209667 – E-mail: absdeus@gmail.com

RESUMO

A precária cobertura pelos serviços de coleta e tratamento de esgotos domésticos, principalmente em regiões periféricas de centros urbanos, tem como principal consequência o lançamento desses efluentes nos corpos hídricos sem nenhum tratamento. Como consequência disso está a deterioração da qualidade das águas que recebem altas cargas poluidoras de matéria orgânica, nutrientes e microrganismos.

Localizada na periferia do município de Agudo/RS, a Vila Caiçara não possui sistema de coleta dos efluentes domésticos gerados, sendo estes lançados “in natura” no Arroio Hermes. Em virtude disto, a população local está constantemente sujeita a odores fétidos, presença de vetores e contato direto com o esgoto, e esta situação é acentuada em épocas de cheia, quando ocorre o extravasamento do arroio, possibilitando a disseminação de uma série de doenças.

O estudo da resposta dos cursos d’água ao lançamento de despejos domésticos faz-se imperativo para que seja possível prever possíveis impactos negativos e traçar planos de ação. Essa resposta varia em função de suas características físicas, químicas e biológicas, da natureza dos efluentes lançados e, principalmente, das vazões envolvidas. Dá-se o nome de autodepuração ao processo de restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após as alterações induzidas por despejos.

Sendo assim, foram mapeados os pontos de lançamento de efluentes no trecho do Arroio Hermes que corta o município de Agudo, até sua foz no Rio Jacuí, e em seguida coletadas e analisadas as amostras de cada ponto, bem como verificadas as vazões.

A partir dos resultados das análises laboratoriais das amostras coletadas (esgotos sanitários ou drenagem pluvial), procedeu-se o estudo de autodepuração para o trecho analisado do arroio, de forma a quantificar os impactos causados pela poluição por matéria orgânica.

O modelo matemático escolhido para o estudo foi o proposto por Streeter-Phelps, devido a sua simplicidade (facilidade de uso), necessidade de poucos dados e resultados rápidos.

Os resultados obtidos após a aplicação do modelo de Streeter-Phelps permitiram a construção gráfica do perfil de oxigênio dissolvido para o trecho do arroio estudado. A análise dos resultados, juntamente com o gráfico, mostraram que apesar do déficit crítico de oxigênio dissolvido de 1,52 mg/L apresentado, a concentração crítica de oxigênio dissolvido se mantém acima da concentração de saturação mínima para esta classe de curso d’água (classe 2), estabelecida pela Resolução CONAMA 357/2005 que é de 5,0 mg/L, durante todo o percurso do arroio a jusante do ponto de lançamento.

PALAVRAS-CHAVE: Autodepuração de Corpos Hídricos, Qualidade da Água, Modelo de Streeter-Phelps.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a decorrente ocupação desordenada dos espaços urbanos têm por consequência o uso excessivo dos recursos naturais, sendo essa uma causa direta da degradação do meio ambiente. Esta degradação provoca sérios danos ao meio ambiente, como por exemplo, a contaminação do ar, da água, do

solo, dos animais e do próprio ser humano, principal responsável pelos problemas ambientais encontrados e também vítima de suas próprias ações.

Neste cenário, um dos setores mais afetados devido ao crescimento desordenado da população é o do saneamento básico, onde a cobertura desse serviço acaba sendo muitas vezes insuficiente ou insatisfatória.

Quando analisado o esgotamento sanitário, mais especificamente, a coleta e o tratamento do esgoto doméstico, a situação mostra-se ainda mais preocupante, no Brasil mais da metade da população é atendida por sistemas precários de afastamento e tratamento de esgoto ou simplesmente não tem acesso a tal.

Esta situação torna-se ainda mais crítica nas regiões periféricas de centros urbanos, devido à dificuldade de cobertura dos serviços de saneamento nessas áreas, os esgotos gerados são constantemente lançados nos corpos hídricos sem nenhum tratamento, ou, quando passam por algum sistema de tratamento, estes muitas vezes possuem baixa eficiência.

Como consequência disso, está a deterioração da qualidade da água dos corpos hídricos que recebem altas cargas poluidoras de matéria orgânica, nutrientes e microrganismos oriundos desses despejos, ocorrendo a diminuição da biodiversidade aquática.

A resposta dos cursos d'água ao lançamento de despejos domésticos varia em função de suas características físicas, químicas e biológicas, da natureza das substâncias lançadas e, principalmente, das vazões envolvidas (curso d'água e despejos).

O processo de autodepuração em corpos d'água, segundo SPERLING (2005, p. 96) está vinculado ao "restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, por mecanismos essencialmente naturais, após as alterações induzidas pelos despejos".

Para avaliar os impactos gerados pelo lançamento de efluentes domésticos em um corpo hídrico é necessário realizar a quantificação das cargas poluidoras afluentes. Para tanto, são necessários levantamentos de campo, incluindo amostragem dos poluentes, análises de laboratório e medições de vazão.

Nesse sentido, os modelos matemáticos aparecem como uma excelente ferramenta na gestão dos recursos hídricos, permitindo simular os efeitos de acontecimentos sobre os parâmetros de qualidade da água.

A aplicação desses modelos possibilita prever possíveis impactos positivos ou negativos sobre a qualidade das águas, oriundos das alterações causadas por atividades antrópicas, permitindo desenvolver planos de ação capazes de preservar e proteger a qualidade das águas das bacias hidrográficas.

Faz-se hoje imperativo a busca de maiores esforços para o controle dessa poluição. Uma das formas de obter esse controle é, justamente, estudar e conhecer a capacidade de autodepuração de cada corpo hídrico, estimando a quantidade de efluentes que cada rio é capaz de receber sem que suas características naturais sejam prejudicadas. Dependendo do nível de poluição dos rios, o processo de autodepuração pode ser bastante eficiente na melhoria da qualidade d'água, promovendo assim a qualidade de vida da população.

OBJETIVO

Este estudo tem por objetivo analisar a capacidade de autodepuração do Arroio Hermes, um curso d'água receptor de efluentes domésticos, localizado no município de Agudo/RS.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo de autodepuração teve como base as atividades descritas abaixo:

Localização da área de estudo

O município de Agudo localiza-se na depressão central do estado do Rio Grande do Sul. A principal via de acesso ao município é a rodovia estadual BR/RS-287, fazendo a ligação entre Agudo e Santa Maria e a BR-386 com a Região Metropolitana de Porto Alegre.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2015, o município possui um total de 17120 habitantes, no entanto, somente cerca de 42% residem na zona urbana do município e 58% residem na zona rural. Possui uma área de 536,117 km² e densidade demográfica de 31,2 habitantes/km².

Agudo caracteriza-se por uma temperatura média anual relativamente baixa, em torno de 19°C, onde a amplitude térmica média é de cerca de 11°C.

Atravessando a cidade de Agudo, encontra-se o Arroio Hermes, o qual inicia seu percurso próximo à Vila Caiçara, localizada a nordeste da cidade e termina seu percurso desaguando no Rio Jacuí, cerca de 13 quilômetros à sudoeste do ponto inicial, conforme apresenta a Figura 1.

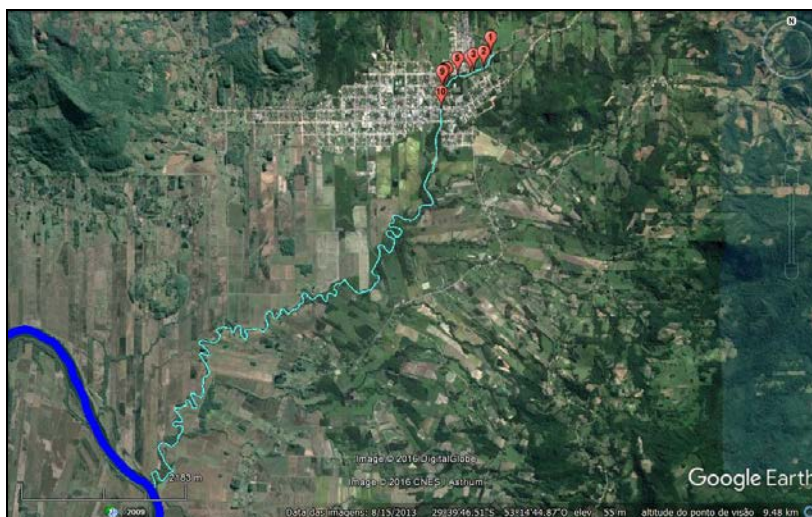


Figura 1: Percurso do Arroio Hermes, sua nascente na Vila Caiçara e a foz no Rio Jacuí. Pontos em vermelhos: estudo de autodepuração.

Fonte: Google Earth.

No trecho em que o Arroio Hermes corta a cidade de Agudo, este recebe despejos de efluentes provenientes da população local, cujas residências não possuem sistema de coleta e tratamento dos esgotos domésticos gerados, sendo estes, lançados diretamente no arroio.

Moradores de áreas periféricas, como os da comunidade da Vila Caiçara, acabam sendo os maiores prejudicados, devido à localização de suas moradias às margens do arroio, pois são constantemente expostos ao mau cheiro e aos vetores provenientes dos esgotos, além de alagamentos em épocas de cheia, as quais acabam colocando a população em contato direto com a água poluída, disseminando uma série de doenças.

Levantamento “in loco”

O levantamento “in loco” foi realizado através de visitas a campo, no local de estudo, possibilitando a caracterização dos pontos de lançamento de efluente, os quais são despejados em todo o trajeto do Arroio Hermes dentro do município de Agudo. Utilizou-se o GPS para a marcação dos pontos de lançamento, permitindo a elaboração de mapas.

Coleta das amostras

Foram coletadas amostras do corpo hídrico a montante dos pontos de lançamento de esgoto, assim como diretamente dos pontos de lançamento. As amostras foram coletadas em recipientes plásticos, com volume de 2 litros. Foi utilizada caixa de isopor com gelo para acondicionamento das amostras até que fossem conduzidas ao Laboratório de Saneamento Ambiental da universidade, onde se procedeu as análises de Demanda

Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), Temperatura, pH, Cor, Turbidez e Condutividade.

Medição de vazão

O método utilizado para a determinação da vazão durante a realização deste trabalho foi o método da medição com flutuadores e seguiu metodologia experimental descrita pela Embrapa (2007). O método consiste em determinar a velocidade de deslocamento de um objeto flutuante, medindo-se o tempo necessário para que o mesmo se desloque num trecho do rio de comprimento conhecido. É um método muito utilizado pela sua simplicidade, sobretudo, na ausência de equipamentos sofisticados que apresentam custos elevados.

Estudo de autodepuração

O modelo matemático utilizado para a determinação das alterações provocadas pelas descargas orgânicas observadas, possibilitando o estudo de autodepuração, foi o modelo desenvolvido por H.S.Streeter e E.B. Phelps, em 1925, para o Rio Ohio – denominado Modelo de Streeter-Phelps.

Este modelo é utilizado para prever o déficit da concentração de oxigênio num rio, causado pela descarga de águas residuárias. Sua aplicação está associada ao balanço de massa e a cinética do processo de autodepuração, tornando-se possível, desta forma, prever a capacidade do curso d'água analisado de receber efluentes, além de quantificar os impactos causados por determinadas ações. O modelo utilizado é descrito por Von Sperling (2005).

RESULTADOS

No Arroio Hermes, ao longo do percurso analisado, foram encontrados diversos pontos de descarga de efluentes domésticos, além de lançamentos provenientes da drenagem pluvial.

Os esgotos domésticos são despejados no arroio através de tubulações de PVC, com diâmetros variando de 100 a 200 milímetros, provenientes das residências alocadas às margens do arroio. A Figura 2 abaixo ilustra um dos pontos de lançamento observados durante o percurso.

Além dos despejos de esgotos domésticos, foram observados vários locais de descarga das águas pluviais através de tubulação de concreto com diâmetros variando de 300 a 600 milímetros. Apesar de se tratarem de tubulações provenientes da drenagem urbana da cidade, perceberam-se características de efluentes domésticos, os quais devem ter sido ligados à rede pluvial irregularmente à montante do lançamento. A Figura 3 abaixo mostra um dos pontos descritos anteriormente.



Figura 2: Ponto de lançamento de efluente doméstico no Arroio Hermes.
Fonte: Autor.



Figura 3: Descarga proveniente da drenagem pluvial no Arroio Hermes.
Fonte: Autor.

Após o levantamento de todas as tubulações ao longo de 1km, aproximadamente, do Arroio Hermes foram então observados 10 (dez) pontos com características de lançamento de efluentes no arroio. Os pontos analisados podem ser observados na figura 4 abaixo.



Figura 4: Pontos de lançamento de efluentes domésticos no Arroio Hermes.
Fonte: Google Earth.

Na Tabela 1 abaixo, é apresentada a relação dos pontos mapeados no arroio com sua respectiva descrição.

Tabela 1: Descrição dos pontos de lançamento de efluentes observados.

Ponto	Descrição	Tipo Tubulação	Diâmetro (mm)
1	Arroio	-	-
2	Efluente doméstico	PVC	100
3	Efluente doméstico	PVC	100
4	Pluvial	Concreto	600
5	Pluvial	Concreto	600
6	Efluente doméstico	PVC	200
7	Efluente doméstico	PVC	100
8	Efluente doméstico	PVC	100
9	Pluvial	Concreto	300
10	Pluvial	Concreto	600

Após mapeados todos os pontos do arroio onde verificou-se a presença de tubulações de esgoto ou da rede pluvial, observou-se que apenas os pontos 2, 3 e 4 possuíam uma descarga de efluentes representativa, sendo que nos demais pontos a vazão de lançamento dos efluentes é muito pequena ou não se dá de maneira constante.

Além disso, sabe-se que a montante do ponto de lançamento inicial, o arroio também não apresenta nenhuma contribuição pontual representativa, sendo este trecho ocupado principalmente por matas.

Sendo assim, foram coletadas e analisadas as amostras, bem como verificadas as vazões dos pontos 1 a 4 selecionados no arroio. Os resultados obtidos (valores médios) das análises laboratoriais realizadas encontram-se na Tabela 2 apresentada abaixo.

Tabela 2: Valores médios dos parâmetros analisados nos pontos de amostragem.

Ponto	Descrição	Vazão (L/s)	DBO (mg/L)	OD (mg/L)	T (°C)	pH	Cor (mgPt/L)	Turbidez (NTU)	Condutividade (ms/cm)
1	Arroio	119,93	16,50	7,1	21,10	7,4	369,20	34,30	0,04
2	Efluente doméstico (tubulação de 100 mm)	0,0044	743,00	-	20,80	8,8	500,00	35,7	2,21
3	Efluente doméstico (tubulação de 100 mm)	0,0056	173,85	-	20,90	8,1	373,10	10,30	0,35
4	Pluvial (tubulação de 600 mm)	0,5500	163,26	-	20,90	6,8	291,60	18,93	0,13

A partir dos resultados das análises laboratoriais das amostras do Arroio Hermes e dos pontos de lançamento de efluentes (esgotos sanitários ou de drenagem pluvial) procedeu-se o estudo de autodepuração para o trecho analisado do arroio, de forma a quantificar os impactos causados pela poluição por matéria orgânica neste curso d'água.

Seguindo a metodologia proposta pelo modelo de Streeter-Phelps (SPERLING, 2005), calculou-se o déficit da concentração de oxigênio no Arroio Hermes em seu trecho a jusante dos pontos de lançamento, até atingir o rio principal.

Os dados de entrada são mostrados na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3: Dados de entrada do rio e do efluente (valores médios).

Dados de entrada rio		Dados de entrada efluente	
Vazão média do rio (Q_r)	119,93 L/s	Vazão média do esgoto (Q_e)	0,56 L/s
OD médio do rio (OD_r)	7,1 mg/L	OD médio do esgoto (OD_e)	0 mg/L
DBO média do rio (DBO_r)	16,50 mg/L	DBO média do esgoto (DBO_e)	167,92 mg/L
Coefficiente de desoxigenação (K_1)	0,40 d ⁻¹	Velocidade do curso d'água (v)	0,26 m/s
Coefficiente de reaeração (K_2)	4,20 d ⁻¹	Distância do percurso (d)	13170 m
Concentração de saturação do oxigênio (C_s)	7,5 mg/L	Profundidade do curso d'água (H)	0,60 m
OD mínimo permissível (OD_{\min})	5,0 mg/L	Tempo de percurso (t)	0,59 d

Onde os dados de vazão, velocidade do curso d'água, profundidade e distância do percurso foram levantados através de medições em campo, OD e DBO foram obtidos nas análises laboratoriais e os coeficientes K_1 e K_2 são tabelados e escolhidos em função das características do corpo hídrico ou do efluente e sua temperatura (21°C). Já o valor de concentração de saturação do oxigênio é tabelado e escolhido em função da altitude e da temperatura e o valor de OD mínimo permissível é definido pela Resolução CONAMA 357 em função da classe do corpo hídrico (classe 2).

A partir dos dados de entrada obtidos em campo ou calculados em laboratório, foi possível obter os dados de saída da mistura (arroio e efluente), esses dados foram expostos na Tabela 4 abaixo.

Tabela 4: Dados de saída da mistura.

Dados de saída da mistura	
Concentração de oxigênio da mistura (C_o)	7,07 mg/L
Déficit de Oxigênio (D_o)	0,43 mg/L
Constante de transformação da DBO_5 para $DBO_{última}$ (K_T)	1,16
Concentração da $DBO_{última}$ da mistura (L_o)	17,20 mg/L
Tempo crítico (t_c)	0,56 d
Distância crítica (d_c)	12,58 km
Déficit crítico de oxigênio dissolvido (D_c)	1,52 mg/L
Concentração crítica de oxigênio dissolvido (OD_c)	5,98 mg/L

O déficit crítico de oxigênio dissolvido é encontrado em função dos coeficientes, da DBO última da mistura e da temperatura e a concentração crítica é obtida subtraindo-se a concentração crítica de oxigênio dissolvido do déficit crítico de oxigênio dissolvido.

Verifica-se, portanto, que o trecho do arroio em estudo possui um déficit crítico de oxigênio dissolvido de 1,52 mg/L. Apesar disso, devido a classificação desse curso d'água segundo a Resolução CONAMA 357/2005 (classe 2), a qual permite uma concentração mínima de 5 mg/L de OD, verifica-se que a concentração crítica de oxigênio dissolvido se mantém acima do valor mínimo permitido.

A partir dos valores obtidos, foi possível traçar o perfil de oxigênio dissolvido ao longo do tempo e distância (ao longo do curso d'água), a jusante do ponto de lançamento até que o Arroio Hermes encontre sua foz no Rio Jacuí. Para isso, fez-se uso da Equação 1 abaixo:

$$C_t = C_s - \left[\frac{K_1 \times L_o}{K_2 - K_1} (e^{-K_1 t} - e^{-K_2 t}) + D_o e^{-K_2 t} \right]$$

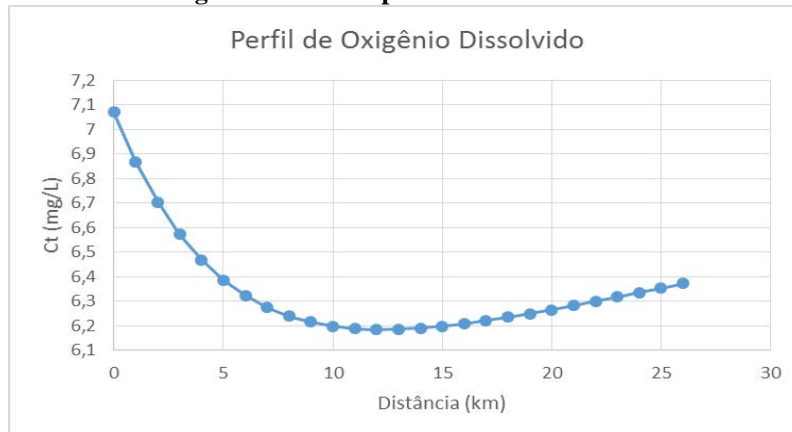
Assim, para diversos valores de tempo e de distância, encontra-se a concentração, conforme expõe a Tabela 5 abaixo.

Tabela 5: Valores da Concentração de OD no tempo t (C_t) para diferentes distâncias e tempo.

Distância (km)	Tempo (d)	C_t (mg/L)	Distância (km)	Tempo (d)	C_t (mg/L)
0	0	7,07	14	0,62	6,19
1	0,04	6,87	15	0,67	6,20
2	0,09	6,70	16	0,71	6,21
3	0,13	6,57	17	0,76	6,22
4	0,18	6,47	18	0,80	6,23
5	0,22	6,39	19	0,85	6,25
6	0,27	6,32	20	0,89	6,26
7	0,31	6,27	21	0,93	6,28
8	0,36	6,24	22	0,98	6,30
9	0,40	6,21	23	1,02	6,32
10	0,45	6,20	24	1,07	6,33
11	0,49	6,19	25	1,11	6,35
12	0,53	6,18	26	1,16	6,37

A partir dos dados expostos pela tabela acima, pode-se plotar o gráfico do perfil de oxigênio dissolvido para o Arroio Hermes, conforme segue abaixo.

Figura 5: Perfil de oxigênio dissolvido para o trecho analisado do Arroio Hermes.



Verifica-se, portanto, que apesar do déficit crítico de oxigênio dissolvido de 1,52 mg/L apresentado, a concentração crítica de oxigênio dissolvido se mantém acima da concentração de saturação estabelecida para esta classe de curso d'água, que é de 5,0 mg/L, durante todo o percurso do arroio a jusante do ponto de lançamento.

CONCLUSÕES

A partir do levantamento “in loco” do Arroio Hermes, foram observados diversos pontos de lançamento de efluentes domésticos sem tratamento, bem como despejos provenientes da drenagem pluvial do município, a qual também recebe irregularmente efluentes das residências.

Dos 10 pontos inicialmente mapeados do arroio, verificou-se que apenas os primeiros 4 pontos recebem uma vazão significativa de efluentes domésticos, sendo estes selecionados para a amostragem e posterior realização de análises laboratoriais e medição das vazões.

Fez-se uso de modelos matemáticos de qualidade da água de modo a avaliar a influência do lançamento dos efluentes na qualidade da água do arroio Hermes, sendo o modelo escolhido o proposto por Streeter-Phelps, devido a sua simplicidade (facilidade de uso), necessidade de poucos dados e resultados rápidos.

Os resultados obtidos após a aplicação do modelo de Streeter-Phelps permitiram a construção do gráfico de perfil de oxigênio dissolvido para o trecho do arroio estudado.

A análise dos resultados obtidos, mostraram que apesar do valor do déficit crítico de oxigênio dissolvido ser de 1,52 mg/L, a concentração crítica de oxigênio dissolvido se mantém acima da concentração de saturação mínima para esta classe de curso d'água, estabelecida pela Resolução CONAMA 357/2005 que é de 5,0 mg/L, durante todo o percurso do arroio a jusante do ponto de lançamento.

Isto está associado a baixa vazão dos efluentes - mesmo que a carga orgânica aportada ao arroio seja elevada - quando relacionada com a vazão do rio, permitindo assim a diluição deste poluente.

Apesar disso, deve-se salientar a importância do desenvolvimento de projetos e ações que visem a coleta, o afastamento e tratamento dos efluentes domésticos gerados na Vila Caiçara, tendo em vista que a população é a principal vítima das consequências do contato direto com os efluentes brutos gerados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao ProExt/MEC, Edital 2016 pelos recursos concedidos para o desenvolvimento deste sub-projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, L. N. Autodepuração dos corpos d'água. Revista da Biologia. Vol. 5. São Paulo, 2010.
2. BRASIL. Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005.
3. BRUSA, A. B. S. D. et al. Diagnóstico Sócio, Econômico, Sanitário e Ambiental da Vila Caiçara, Agudo/RS. Santa Maria, 2015.
4. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico 2015. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430010&search=riogrande-do-sul|agudo|infograficos:-informacoes-completas>>.
5. NAGALLI, A. NEMES, P. D. Estudo da qualidade de água de corpo receptor de efluentes líquidos industriais e domésticos. Rev. Acad., Ciênc. Agrárias Ambientais, v. 7, n. 2, p. 131-144. Curitiba, 2009.
6. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Ed. Da UFMG. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, 2005.