

Received:
June 01, 2021

Accepted:
September 02, 2021

Published:
October 29, 2021

Monitoring of Anaerobic Conditions in Septic Tank Bombs with Arduino Platform

Breno Rodrigues Fonseca¹, Daniel Moraes Santos¹, Fagner Paixão de Sousa¹, Iago Prado Cardoso¹, Igor Queiroz de Souza¹, Lincoln Moreira Guedes¹, Elton Santos Franco¹

¹Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Teófilo Otoni, Brasil.

brenorf11@hotmail.com (Breno R. Fonseca) – Corresponding author
daniel.moraes@ufvjm.edu.br (Daniel M. Santos)
fagner-sousaity@hotmail.com (Fagner P. Souza)
iagopradocardoso@gmail.com (Iago P. Cardoso)
igorqueirozs70@gmail.com (Igor Q. Souza)
lincolnuedes1@gmail.com (Lincoln M. Guedes)
elton.santos@ufvjm.edu.br (Elton S. Franco)

Abstract

Septic tanks are one of the oldest methodologies for sewage treatment and are, even today, extensively used in all countries of the world as a form of primary treatment of domestic sewage. The bacteria responsible for purifying the effluent in septic tanks are strict anaerobic bacteria and do not survive in the presence of oxygen. Therefore, the objective of this work is to use an Arduino platform to monitor these environmental conditions. Making it necessary to use temperature and pH sensors for the needs and programming of the Arduino platform, adapting it for the use of monitoring specific conditions in a plastic bomb chamber. The materials needed to install the monitoring system are sensors, a module, an Arduino platform, cables and connectors. The monitoring system is easy to read, with interdisciplinary potential, as it makes it possible to determine the temperature and pH values quickly, accurately and with knowledge related to the programming language, microbiology, chemistry and environment, respectively.

Keywords: Septic drum tank, Arduino Platform, Monitoring of anaerobic conditions.

1. Introdução

No Brasil, o esgotamento sanitário apresenta déficits, por exemplo, 18,00 % da população urbana possuem o esgoto coletado, mas não recebe nenhum tipo de tratamento e 27,00 % sem coleta e tratamento de esgoto. Na região rural, esses déficits são ainda maiores, tendo 68,00 % da população despejando esgoto em fossas rudimentares e até mesmo em valas a céu aberto, resultando em inúmeros problemas sociais, ambientais e econômicos (Agência Nacional de Águas - ANA, 2017; Resende, Ferreira e Fernandes, 2018).

O sistema de tanques sépticos de bombonas é uma tecnologia desenvolvida para o tratamento de esgoto, devido sua simplicidade de implantação e operação, juntamente com seu baixo custo de implementação, torna-se uma técnica promissora

para minimizar esses problemas sanitários nacionais, sobre tudo em áreas rurais (Cornelli et al., 2014; Franco et al., 2016).

Os tanques sépticos são uma das mais antigas metodologias para tratamento de esgoto e são, ainda hoje, extensivamente utilizados em todos os países do mundo como forma de tratamento primário de esgotos domésticos. Seu funcionamento é simples e baseasse em processos de sedimentação, flotação e digestão. O efluente entra na câmara do tanque e fica detido por um período de tempo, onde os sólidos mais densos se sedimentam e os sólidos menos densos flutuam formando uma camada de espuma. O material sedimentado forma uma camada de lodo no inferior da câmara e esse lodo passa por processos de digestão anaeróbica (ABNT, 1993; Fundação Nacional de Saúde - FUNASA, 2006; Chernicharo, 2016). As bactérias responsáveis pela

depuração do efluente em tanques sépticos são anaeróbias estritas e não sobrevivem na presença de oxigênio. As condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento dessas bactérias são na ausência de oxigênio dissolvido, temperaturas do líquido superior a 15 °C e um pH entre 6,6 e 7,4. Essas condições são favoráveis para o desenvolvimento das bactérias e um correto funcionamento do tanque séptico (Von Sperling, 2017).

Portanto, o objetivo deste trabalho é utilizar a plataforma arduino para o monitoramento dessas condições ambientais. Fazendo-se necessário utilizar sensores de temperatura e pH para as medições e programação da plataforma Arduino, adequando-a para a utilização de monitoramento de condições específicas em câmaras de bombonas plásticas.

2. Referencial Teórico

2.1. Saneamento básico no Brasil

Segundo o Instituto Trata Brasil, saneamento básico é o conjunto de ações que objetiva preservar o meio ambiente, com finalidade de: prevenir doenças, melhorar a qualidade de vida da população, aumentar a produtividade do indivíduo, e facilitar a atividade econômica (Instituto Trata Brasil, 2012).

O setor de saneamento básico no Brasil passou por vários anos de estagnação e quando ampliado, ocorreu de modo desigual. O grande marco para o saneamento foi à aprovação da lei, que estabelece as diretrizes e a Política Federal para o setor. A Lei nº. 11.445/2007 define saneamento básico como: O conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais (Brasil, 2007).

Dados da ANA apontam que 18,00 % da população urbana possuem o seu esgoto coletado, mas não possui tratamento adequado, e 27,00 % não dispõe de coleta e nem tratamento do mesmo. Na região rural, a situação é ainda mais preocupante, sendo que 68,00 % da população despejam esgoto em fossas rudimentares e até mesmo em valas a céu aberto, resultando em inúmeros problemas sociais, ambientais e econômicos (ANA, 2017; Resende, Ferreira e Fernandes, 2018).

Problemas esses que estão relacionados a doenças, como a diarreia, doenças de pele e

infecções mais graves como a cólera, sarampo entre outras. Além da contaminação do solo, lençóis freáticos e reservas de água, levando a morte de animais e reduzindo a quantidade de água potável disponível (IBGE, 2010). Desta forma, a relação entre saneamento básico e saúde é evidente. Uma pesquisa feita pela Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) mostra que a cada R\$ 1 investido em saneamento equivale a uma economia de R\$ 4 na área de saúde, sendo assim a aplicação de novas tecnologias faz se necessário para melhoria desse quadro.

2.2. Tanques sépticos e suas derivações

O sucesso do tanque séptico se deve principalmente à sua simplicidade construtiva e operacional. Nos últimos anos, novos sistemas individuais para o tratamento de efluentes domésticos estão sendo desenvolvido, como exemplo, o modelo de fossa séptica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que são feitos com três caixas d'água de 1.000 litros ou três bombonas plásticas de 240 litros, respectivamente. Estes novos sistemas incorporam os princípios dos tanques sépticos em série, isto é, possuem mais de uma câmara em que ocorre o tratamento dos efluentes. (Chernicharo, 2016).

2.3 Formas e configurações de tanques sépticos

Existem duas formas de tanques sépticos, sendo elas cilíndricas e as prismáticas retangulares. Os tanques de formas cilíndricas são geralmente utilizados quando se deseja minimizar a área útil e maximizar a profundidade. Quando se deseja uma profundidade menor e uma maior área, os tanques de forma prismática retangular são os mais utilizados (Chernicharo, 2016).

Os tanques sépticos podem ainda possuir configurações de câmara única ou câmaras em série. As câmaras em série visam maximizar a eficiência do sistema com uma maior retenção de sólidos. Nesse tipo de configuração uma maior quantidade de sólidos sedimentáveis e flutuantes ficam retidos na primeira câmara. Os sólidos que acabam escapando, ficam retidos na segunda câmara, em que ocorre a retenção complementar. O uso das câmaras em série é recomendado para baixas vazões de efluentes domésticos. (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1993; Chernicharo, 2016).

2.4. Atividade anaeróbia do tanque séptico

A conversão anaeróbia da matéria orgânica que acontece no tanque séptico se divide em duas etapas: a formação de ácidos (por bactérias acetogênicas) e a formação de metano (bactérias metanogênicas). Na fase da formação de ácidos não há a remoção de Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO) do efluente, mas a matéria orgânica é convertida em moléculas mais simples e depois em ácidos. É na fase da formação de metano que a DBO é removida, juntamente com a matéria orgânica, que foi convertida em ácidos na primeira etapa, havendo a formação de gás metano (CH₄), gás carbônico (CO₂) e água (Von Sperling, 2017).

As bactérias metanogênicas são anaeróbias e não sobrevivem na presença de oxigênio dissolvido. Quando sua taxa de reprodução diminui, os ácidos formados na primeira etapa se acumulam gerando maus odores. Portanto é fundamental um ambiente favorável para o desenvolvimento dessas bactérias (Von Sperling, 2017).

2.5. Fatores físicos, químicos e biológicos que afetam o crescimento das bactérias

Dos fatores físicos que afetam o crescimento microbiano, a temperatura é um dos mais importantes na seleção das espécies. Este fator pode conseguir uma considerável redução no volume do reator, uma vez que a taxa de crescimento específica da população microbiana cresce com o aumento da temperatura (Chernicharo, 2016).

Os microrganismos não possuem meios de controlar sua temperatura interna e, dessa forma, a temperatura no interior da célula é determinada pela temperatura ambiente externa. A formação microbiana do metano pode ocorrer numa faixa bastante ampla de temperatura, mas dois níveis ótimos de temperatura têm sido associados à digestão anaeróbia sendo a faixa mesófila (30 a 35 °C) e faixa termófila (50 a 55 °C). Os digestores anaeróbios em sua grande maioria têm sido projetados para atuar na faixa mesófila (Chernicharo, 2016).

O efeito do pH sobre o processo anaeróbio se manifesta de maneira direta, afetando a atividade de enzimas e indiretas, afetando a toxicidade de um número de compostos. As bactérias produtoras de CH₄ têm um crescimento ótimo na faixa de pH entre 6,6 e 7,4. Valores de pH abaixo de 6,0 e acima de 8,3 devem ser evitados, uma vez que estes podem

inibir os microrganismos formadores de CH₄ (Chernicharo, 2016).

A operação de reatores anaeróbios com pH constantemente abaixo de 6,0 e acima de 8,3, e mudanças bruscas de pH, pode ocasionar uma diminuição significativa na taxa de reprodução de metano afetando negativamente o processo de tratamento (Chernicharo, 2016).

Com isso, o intuito desse trabalho é aferir as condições de pH e temperatura do tanque séptico através da plataforma arduino e analisar se está ocorrendo um bom funcionamento microbiano no sistema.

2.6. Arduino e sensores

Em 2005 surge uma nova plataforma de prototipagem eletrônica denominado Arduino, desenvolvido por Massimo Banzi e David Cuartielles, eles buscavam trazer facilidade e inovação para programação, com recursos simples e práticos (Souza, 2016).

O Arduino é composto por um hardware livre, de placa única, possui um microcontrolador Atmel AVR com entrada/saída embutido. O microcontrolador AVR recebe o código via cabo USB, o mesmo é programado no computador pelo IDE (Integrated Development Environment). Assim, o Arduino atua como um micro computador capaz de controlar dispositivos que são nele conectado (McRoberts, 2011; Martinazzo et al. 2014).

O principal ponto positivo na utilização do arduino é a fácil programação do mesmo, não exigindo operações que impossibilitem uma pessoa sem nenhuma experiência de utilizá-lo, com isso, é possível aprender o necessário para a criação dos seus próprios códigos. Além disso, os códigos podem ser compartilhados e várias pessoas terem acesso, o que facilita ainda mais o uso do arduino. (McRoberts, 2011).

3. Materiais e Métodos

3.1. Materiais

Os equipamentos necessários para realização deste trabalho foram:

- 01 plataforma Arduino Uno;
- 01 módulo e sensor de pH (Figura 1);
- 01 sensor de temperatura;

- 01 Display LCD;
- 01 Fonte;
- Solução tampão de pH 4 e 7 (Figura 4).



Figura 1 – Módulo e sensor de pH.

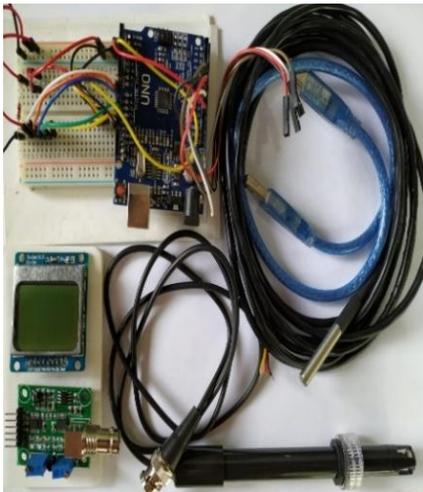


Figura 2 – Equipamentos utilizados.

3.2. Localização e caracterização do local experimental

O estudo foi realizado na comunidade do Córrego Suíça II, área rural do município de Teófilo Otoni em Minas Gerais (MG). Teófilo Otoni localiza-se na região do Vale do Mucuri, nordeste de MG, a 450 km da capital Belo Horizonte (Figura 3). A cidade possui um clima tropical quente semi-úmido com temperaturas médias anuais de 24 °C. O mês mais quente, fevereiro, tem temperatura média de 26,4 °C, enquanto que no mês mais frio, julho, a média é de

15,6 °C (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2019).

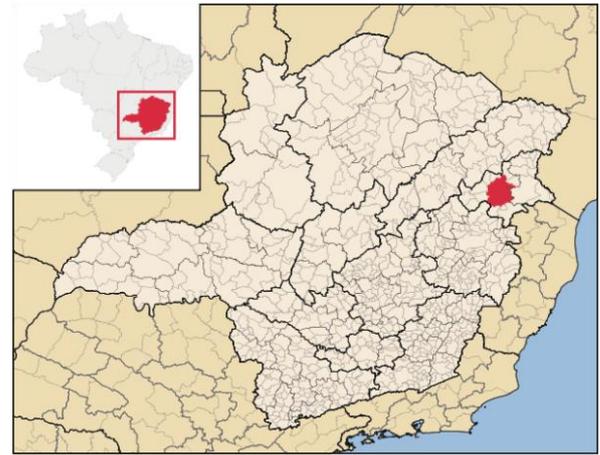


Figura 3 – Município de Teófilo Otoni no mapa do Estado de Minas Gerais (Abreu, 2006).

3.3. Calibração da plataforma Arduino e sensores

A linguagem de programação do sensor de pH encontrada no endereço eletrônico (www.arduinosantaefigenia.com.br) deve possuir uma equação de reta que serve como parâmetro para aferição dos valores de pH. O código referente a equação de reta na linguagem de programa do sensor é:

```
float pHValue = -5.70 * pHVol + calibration;  
Serial.print("sensor = ");  
Serial.println(pHValue);
```

Em que:

pHValue é o valor do pH (...)

pHVol é a voltagem medida pelo sensor

A calibração do sensor de pH foi feita com o uso de solução tampão (Figura 4). A solução tampão é uma solução que mesmo com a adição de um ácido ou base, não sofre variação de pH e por isso foi usada como referência para a calibração.

Primeiro foi colocado o sensor de pH imerso na solução tampão de pH 4,00 e observado o valor de voltagem entregue pelo sensor (valor demonstrado pelo software próprio do arduino). A voltagem é o parâmetro que o sensor utiliza em seu funcionamento para a leitura dos dados de pH. Após este procedimento, o sensor foi lavado com água destilada, imerso em solução tampão de pH 7,00 e observado o novo valor de voltagem. Com esses valores foi possível relacionar as voltagens com os respectivos valores de pH usados na calibração

(4,00 e 7,00) e gerar uma equação de reta. Não foi preciso a calibração do sensor de temperatura.



Figura – 4 Solução tampão de pH 4 e 7.

3.4. Amostragem e coleta dos dados

A aferição da temperatura e pH do efluente do tanque séptico ocorreu no dia 03 de dezembro de 2019 às 9 horas e 30 minutos. Embora estivesse na primavera, era um dia típico de inverno, chuvoso com temperatura ambiente de 21,3 °C.

4. Resultados e Discussões

A relação de voltagem e pH usados na calibração é demonstrado na Tabela 1 e a equação gerada é demonstrada na figura 5. A equação foi inserida na linguagem de programação da plataforma Arduino e com isso o sensor foi calibrado.

Tabela 1– Relação voltagem x pH

Voltagem	pH
4,03	4,00
3,49	7,00

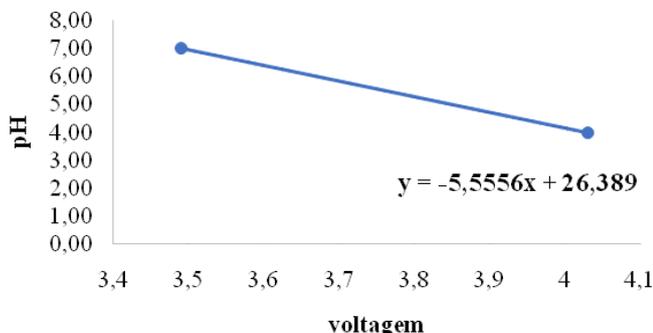


Figura 5 – Relação voltagem x pH.

Após a calibração o protótipo foi levado até o local do tanque séptico, onde os sensores foram

imersos nas bombona. Os valores de temperatura e pH aferidos estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de temperatura e pH das bombonas.

Bombona	pH	Temperatura (C°)
1	8,5	23,1
2	8,4	23,6
3	8,5	24,6

As medições efetuadas no interior das bombona não demonstraram grandes variações de valores, isso comprova que o efluente no interior de cada bombona possui as mesmas características em qualquer ponto da superfície.

Os efluentes oferecem um meio alcalino para as bactérias anaeróbias, sendo o menor pH obtido de 8,4, na segunda câmara, e o maior valor de 8,5, na primeira e terceira câmara. Esses valores estão acima da faixa ótima para o crescimento microbiano e da faixa admitida para os microrganismos formadores de CH₄.

Pode-se perceber que não houve disparidade nos resultados encontrados, podendo então ser comprovada a eficiência do protótipo, o resultado das medições são apresentados nas Figuras (6), (8) e (10). As faixas de pH lidas no display de 8,5, 8,4 e 8,5, de acordo com Chernicharo (2016) estão acima do valor ótimo de ação microbiana, sendo necessária alguma medida para diminuir este valor e chegar na faixa entre pH 6,6 e 7,4.

Os valores obtidos em relação à temperatura de 23,1, 23,6 e 24,6 C°, estão abaixo dos níveis tidos como ótimos que são na faixa mesófila 30 a 35 °C e faixa termófila 50 a 55 °C, mas os valores estão acima dos citados por Von Sperling (2017) 15 °C que são as condições de temperatura mínima para o crescimento favorável das bactérias.

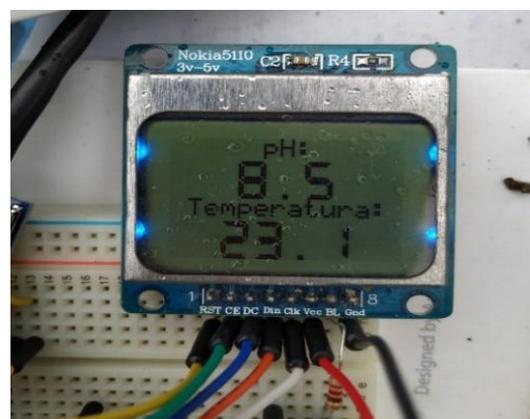


Figura 6 – pH e temperatura da primeira bombona.



Figura 7 – Posição dos sensores na primeira bombona.



Figura 11 – Posição dos sensores na terceira bombona.

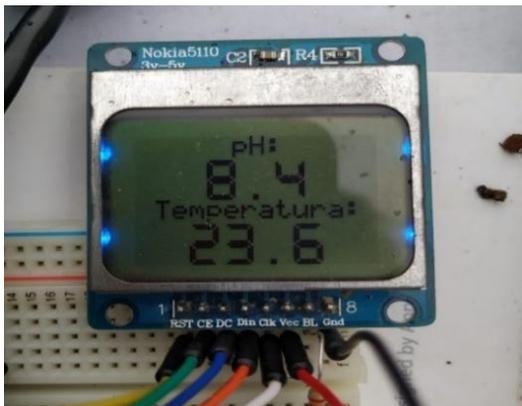


Figura 8 – pH e temperatura da segunda bombona.



Figura 9 – Posição dos sensores na segunda bombona.

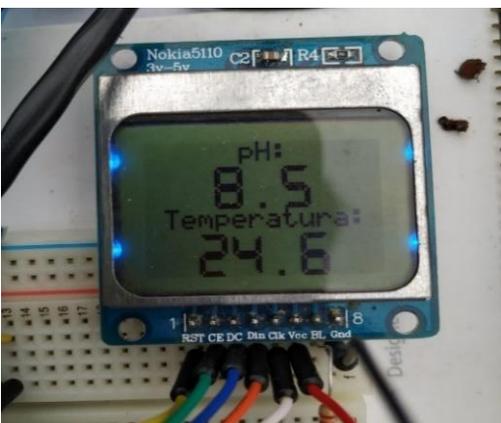


Figura 10 – pH e temperatura da terceira bombona.

Os resultados obtidos pela plataforma arduino de temperatura e pH, não traduzem valores referentes a eficiência do sistema de tratamento biológico (remoção de DBO), e sim de condições ambientais favoráveis para que os microrganismos responsáveis pelo tratamento realizem as reações bioquímicas necessárias para alcançar a estabilização da matéria orgânica presente nos efluentes. Embora o pH de 8,4 e 8,5 estejam acima da faixa favorável para os microrganismos, ainda é considerado um valor cabível para funcionamento do sistema.

A análise dos dados nos permite dizer que o tanque séptico não apresenta problemas de funcionamento, mas ainda sim neste caso pode-se melhorar o seu desempenho ajustando o ph, por exemplo, adicionando algum ácido no efluente (Von Sperling, 2017).

O sistema cumpre com a sua finalidade de tratamento e disposição ambientalmente adequada para esgotos domésticos. Sendo assim, o déficit sanitário no Brasil pode ser mitigado com tecnologias alternativas econômicas, de fácil instalação, operação e manutenção.

5. Conclusão

A temperatura e o pH são parâmetros físico e químico, respectivamente, a serem investigados nos efluentes brutos e tratados. A temperatura afeta o crescimento microbiano, no qual ocorre em uma faixa de temperatura, além de interferir nas reações físicas, químicas, biológicas e transferência de gases para a atmosfera. Enquanto o pH, afastados da neutralidade, podem afetar os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico.

Face ao exposto, torna-se relevante a triagem desses parâmetros nos reatores de tratamento biológico de efluentes sanitários. Uma alternativa

aos métodos convencionais de aferição desses parâmetros é a plataforma arduino com a utilização de sensores. É um método eficiente, de fácil leitura, com potencial interdisciplinar, pois foi possível determinar valores de temperatura e pH de forma rápida, precisa e com conhecimentos relacionados a linguagem de programação, microbiologia, química e ambiental respectivamente. No entanto, apresenta-se como um método mais oneroso, aplicável para finalidade de ensino, pesquisa e extensão.

Referências

- Abreu, R.L. *Map locator of Minas Gerais's Teófilo Otoni city*. Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/MinasGerais_Municip_TeofiloOtoni.svg> [Acessado 15 Março 2020].
- ANA – Agência Nacional de Águas, 2017. *Atlas esgotos: Despoluição de bacias hidrográficas*. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993. *NBR 7.229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos: procedimentos*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Brasil, 2007. *Lei nº. 11.445 de 05 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico*. Brasília (DF): Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm> [Acessado 26 Novembro 2019].
- Campos, R.A.F., 2014. *Automação residencial utilizando Arduino e aplicação web*. Graduação. Engenharia de Produção. Centro Universitário de Brasília (UniCEUB).
- Chernicharo, C.A.L., 2016. *Reatores anaeróbios*. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; 5. 2. ed. ampl. e atual. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- Cornelli, R., Amaral, F.G., Danilevicz, A.M.F. e Guimarães, L.B.M., 2014. *Métodos de tratamento de esgotos domésticos: Uma revisão sistemática*. Revista de estudos ambientais, 16(2), pp.20-36, jul./dez. <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2014v16n2p20-36>
- Franco, E.S., Assis, L.E., Ferreira, A.C.P. e Luiz, T.A., 2016. *Desenvolvimento de sistemas econômicos de tratamento de efluentes domésticos por sistemas de Tanques Séptico*. Vozes dos Vales, V(10), pp.1-15.
- FUNASA – Fundação Nacional de Saúde, 2006. *Manual de saneamento*. 3ed. Brasília: FUNASA.
- FUNASA – Fundação Nacional de Saúde, 2014. *Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Propostas para o Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares*. 1ed. Brasília: FUNASA.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. *Atlas de Saneamento*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_saneamento.shtm> [Acessado 26 Novembro 2019].
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2019. *Centro de previsão de tempo e estudos climáticos*. Disponível em: <<https://www.cptec.inpe.br/previsao-tempo/mg/teofilo-otoni>>. [Acessado 01 Dezembro 2019].
- Instituto Trata Brasil, 2012. *Manual do Saneamento Básico*. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável., mar.
- Martinazzo, C.A., Trentin, D.S., Ferrari, D. e Piaia, M.M., 2014. *Arduino: uma tecnologia no ensino de física*. Perspectiva, Erechin, 38(143), pp.21-30.
- McRoberts, M., 2011. *Arduino Básico*. 1 ed. São Paulo: Novatec Editora Ltda.
- Resende, R.G., Ferreira, S. e Fernandes, L.F.R., 2018. *O saneamento rural no contexto brasileiro*. Revista Agrogeoambiental, 10(1), pp.131-149. <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181027>
- Souza, F., 2016. *Construindo sua placa arduino*. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/construindo-sua-placa-arduino/>> [Acessado 14 Novembro 2019].
- Von Sperling, M., 2017. *Lagoas de estabilização*. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; 3. 3ed. Belo Horizonte: Editora UFMG.