

AVALIAÇÃO DA ÁGUA CONDENSADA EM APARELHOS DE AR CONDICIONADO DO IFPE-CAMPUS GARANHUNS PARA USO NA IRRIGAÇÃO DE HORTAS VERTICAIS

Cecília Nunes Tenório¹
Ana Carolina de Sousa Maia²
Adenilton Camilo da Silva³

RESUMO

Tendo em vista a desenfreada quantidade de água que é desperdiçada diariamente e a contaminação desse recurso pelas atividades antropogênicas, como o despejo de efluentes domésticos e industriais e o uso inadequado de agrotóxicos; é fundamental que medidas sensibilizadoras e de reaproveitamento da água sejam postas em pauta. Com base nesse entendimento, foi proposta nesse trabalho a análise quantitativa e qualitativa da água condensada proveniente dos aparelhos de ar condicionado (que a princípio era desperdiçada), do Instituto Federal de Pernambuco - IFPE, Campus Garanhuns, visando à aplicação na irrigação. No projeto em questão, foi desenvolvida uma horta vertical do tipo serpente irrigada por um sistema de aproveitamento da água condensada que se mostrou promissor. O estudo realizado em quatro aparelhos apresentou uma vazão medida 1,573 L/h em volume de água. Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas (pH, turbidez, oxigênio dissolvido e bactérias do grupo coliformes), realizadas nas amostras coletadas, mostraram-se dentro dos parâmetros de qualidade estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA - 357). Os dados encontrados nesse estudo indicam que a água condensada nos aparelhos de ar condicionado apresenta potencial aplicação em sistemas de irrigação de hortas verticais planejadas para cultivo de hortaliças. A aplicação desse sistema contribui com a redução do desperdício da água que é um recurso fundamental a vida, favorece a socialização e conscientização da comunidade acadêmica em relação ao consumo consciente, sustentabilidade e economia de recursos hídricos.

Palavras-chave: Ar condicionado, Água condensada, Qualidade da Água, Irrigação, Horta Vertical.

INTRODUÇÃO

A partir da fixação do homem sedentário, o abastecimento de água tornou-se mais importante. As chamadas civilizações hidráulicas da Mesopotâmia receberam essa nomeação por serem as primeiras conhecidas e também por alocarem-se nos leitos dos rios Tigres e Eufrates. Devido a grande disponibilidade de água, o Crescente fértil também é chamado de berço da civilização, isso porque foi naquela região que se desenvolveram os primeiros povos do planeta (ATHOSY, 2015).

¹ Graduando do Curso Técnico Integrado de Meio Ambiente do Instituto Federal de Pernambuco - IFPE, cecilianunest@gmail.com;

² Mestre em de Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, ana.maia@garanhuns.ifpe.edu.br;

³ Doutor em Química Analítica pela Univerdade Federal da Paraíba- UFPB, adeniltoncamilo@gmail.com.

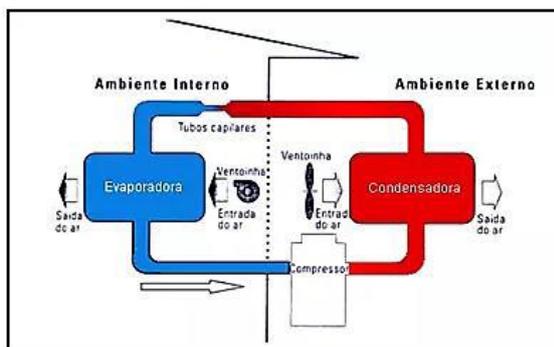
Na contemporaneidade, uma parcela da população mundial não tem acesso à água, devido a sua escassez ou a sua má distribuição. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2019), cerca de uma em cada três pessoas não têm acesso à água potável. Dados preocupantes são divulgados diariamente reforçando o fato de que o recurso, que antigamente acreditava-se ser inesgotável, é escasso e está diretamente associado à sobrevivência humana, tendo em vista que a falta de água no mundo aparece relacionada a 80% das mortes e doenças (ANA, 2019).

Na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, foi aprovada a Agenda 21, em que se afirmava a inevitabilidade da adoção do planejamento e do manejo integrado dos recursos hídricos (ANA, 2013). Naquele momento foi enfatizada a progressiva escassez da água em nível global e a estagnação do desenvolvimento das nações em decorrência disto. No Brasil, as regiões mais afetadas são o Nordeste e o Sudeste (CEMADEN, 2019), que têm passado por secas extensivas, gerando um quadro preocupante para os seus sistemas de abastecimento. Nesse sentido, a jornalista Barbosa informa que, em 2015, o Rio de Janeiro atingiu o chamado volume morto, a reserva que está abaixo da captação feita pela concessionária de água e esgoto. O nível do Paraibuna – o maior dos quatro reservatórios que abastecem o estado fluminense – chegou a zero, pela primeira vez, desde que foi criado, em 1978 (BARBOSA, 2015).

Diante da situação crítica, a água tem tido protagonismo em debates ambientais em todo o mundo e ações de sustentabilidade mostram-se necessárias para que a sociedade consiga reverter esse quadro. Logo, mecanismos de reaproveitamento da água vêm sendo aplicados e surgindo com um resultado promissor, usando como exemplo o tratamento do esgoto (TONETTI *et al.*, 2012), a captação da água da chuva (SARMENTO *et al.*, 2017) e o resgate da água desperdiçada com o uso de aparelhos de ar condicionado.

Os sistemas de ar condicionado possuem quatro componentes básicos: compressor, condensador, evaporador e motor ventilador, e quando em funcionamento produzem água por gotejamento derivada da umidade do ar, condensada pelo aparelho quando este resfria o ar do ambiente interno e conseqüentemente diminui a umidade relativa deste ambiente (FORTES *et al.*, 2015 *apud* SILVA, 2017, p. 16). Segundo Antonovicz & Weber, (2013, p.14), o compressor comprime o gás frio utilizado (Figura 01) como refrigerante, que é genericamente chamado de fréon, tornando-o gás quente de alta pressão (lado vermelho da Figura 01).

Figura 01 - Mecanismo de funcionamento do aparelho.



Fonte: Antonovicz & Weber, (2013).

Este gás quente percorre por uma serpentina no condensador (ambiente externo) e dissipa calor, devido a troca térmica, condensando-se para o estado líquido sob alta pressão. O líquido é escoado por um tubo capilar, no qual perde a pressão rapidamente, e se resfria. Posteriormente, o fréon percorre pela serpentina da evaporadora e absorve o calor do ambiente interno, gerando seu resfriamento. Logo após, o fréon torna-se gasoso e é encaminhado para o compressor, dando início a um novo ciclo.

Ao se pensar em reutilizar a água proveniente dos aparelhos de ar condicionado, é preciso avaliar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos para ter conhecimento de quais microrganismos estão presentes na amostra, tendo em vista que é um possível risco à saúde. O Brasil tem uma grande riqueza quando se trata de recursos hídricos, no entanto, boas partes dos mananciais de abastecimento são extremamente suscetíveis à contaminação de todos os tipos, desde os derramamentos de esgoto à contaminação por fossas residenciais, e por contaminantes naturais dos solos ou das rochas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

No monitoramento da qualidade da água são empregados indicadores biológicos como as bactérias. Como exemplo, as bactérias do tipo Coliformes estão amplamente distribuídas na natureza e se propagam com grande facilidade. Além de infecções intestinais, os coliformes podem estar envolvidos ou ter participação em diversas outras patologias, como meningites, intoxicações alimentares, infecções urinárias e pneumonias, inclusive as nosocomiais (YAMAGUCHI *et al.*, 2013, p. 315). Logo, é imprescindível verificar a qualidade da água para poder irrigar uma horta, tendo em vista a gama de riscos que se observa.

A reutilização da água proveniente dos condicionadores de ar surge como um método inteligente que impede que a água seja desperdiçada através do gotejamento nas áreas externas ao ambiente. Dessa forma, o projeto em questão tem como objetivo determinar a qualidade e a quantidade da água condensada nos aparelhos de ar condicionado do Instituto

Federal de Pernambuco-*Campus* Garanhuns e, como uma maneira efetiva, elaborar um sistema de irrigação de horta vertical com irrigação do tipo serpente.

METODOLOGIA

2.1 Amostragem

O presente trabalho foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), *Campus* Garanhuns, localizado no município de Garanhuns, situado na Mesorregião do Agreste Pernambucano. A cidade possui um clima tropical de altitude, com temperatura média anual de 21°C, alcançando 15°C ou menos nos meses mais frios e umidade relativa do ar média acima de 80% de acordo com o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE, 2019).

O IFPE-*Campus* Garanhuns tem cerca de 930 estudantes nos cursos regulares e aproximadamente 60 estudantes na modalidade Educação Jovens e Adultos (PROEJA). Sua infraestrutura conta com 4 blocos que comportam atividades acadêmicas e administrativas e 11 salas de aula, comportando 71 aparelhos de ar condicionado. Os equipamentos de ar condicionado utilizados no trabalho estão localizados nos três laboratórios do curso de Meio Ambiente, no Bloco D do *Campus*, com um total de 4 aparelhos estudados.

2.2 Características dos condicionadores de ar

Conforme Antonovicz & Weber (2013), os condicionadores de ar podem ser classificados quanto à utilização e capacidade. Quanto à utilização, podem ser residencial, automotivo, comercial, hospitalar ou industrial. Enquanto à capacidade, os aparelhos comercializados são de pequeno, médio ou grande porte, apresentando variações quanto às potências de refrigeração dadas em BTU (British Thermal Unit = Unidade Térmica Britânica). Todos os equipamentos de ar condicionados utilizados neste trabalho são da marca Samsung, modelo ASV18PSBTN XAZ, 18.000 BTUs, tipo Split Hi-Wall e tecnologia *inverter*, desenvolvida com o intuito de economizar energia.

2.3 Estudo de determinação da vazão

A determinação da vazão de água condensada nos aparelhos de ar condicionado foi realizada para que se tivesse conhecimento do volume de água que é desperdiçado diariamente nos equipamentos. Para isto, com auxílio de uma proveta, foram coletados volumes durante 10 min consecutivos, em diferentes intervalos de tempo em que os aparelhos ficaram ligados.

2.4 Análise qualitativa da água proveniente dos condicionadores de ar

Para que a água esteja propícia para irrigação, é necessária a avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos deste recurso. Dessa forma, foram realizadas análises de Turbidez, pH e Oxigênio Dissolvido para o aspecto físico-químico e análises para a verificação da existência de bactérias heterotróficas, fungos e coliformes totais nas amostras coletadas referentes ao parâmetro microbiológico.

As amostras provenientes dos aparelhos de ar condicionado foram coletadas e, posteriormente, levadas para o laboratório de Microbiologia Ambiental, no qual foram realizadas todas as análises. Para análise da turbidez, foi utilizado o turbidímetro da marca MS TECNOPON Instrumentação e modelo TB1000P, para a análise do pH, o aparelho utilizado foi o ph-metro portátil da marca Qualxtron e modelo QX110. Por fim, o oxigênio dissolvido foi determinado com o aparelho Dissolved Oxygen Meter da marca Hanna modelo HI 9146.

As análises microbiológicas foram realizadas em triplicata, com o objetivo de alcançar um resultado mais preciso. Para avaliação das Bactérias Heterotróficas, foram utilizadas 3 placas de Petri com o meio de cultura PCA (*Plate count Agar*), nas quais foi realizado o semeio de 0,1mL da amostra de água. As placas foram encaminhadas para a estufa a 35°C durante 24h e 48h.

A verificação da presença de fungos foi realizada semeando-se 0,1mL da amostra de água em placas de Petri contendo o meio de cultura BDA (*Agar Batata Dextrose*). As placas foram incubadas em uma estufa à 25°C, durante 72h. Além das placas utilizadas na análise de água, mais duas placas contendo BDA foram utilizadas para avaliação da presença de fungos no ar próximo a área onde as amostras de água foram coletadas.

Para verificação da concentração de Coliformes o método utilizado foi a diluição seriada em três tubos, nos quais foram inoculados 1 mL de cada diluição (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}), no

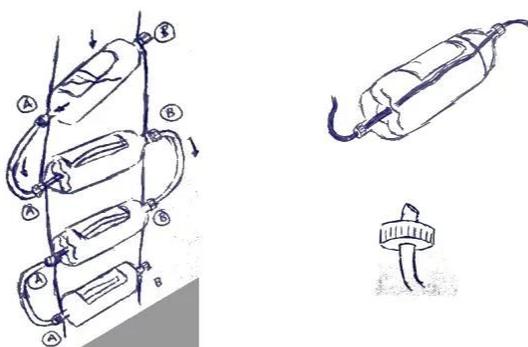
total de 27 tubos de ensaio contendo 10mL do Caldo Lauryl Sulfato em cada. Para análise da formação de gás foram utilizados tubos de Durham invertido. Os tubos foram agitados e incubados em estufa a 35°C por 48h.

2.5 Desenvolvimento da horta vertical

O mecanismo escolhido para reutilizar a água proveniente dos condicionadores de ar foi a realização de um horta vertical. O tipo escolhido foi a Horta Serpente por apresentar vantagens como a facilidade no transporte, o sistema de irrigação próprio e o uso de materiais recicláveis. Para a montagem da horta foi necessário: 5 garrafas PET; Mangueira fina (2 metros); Arame (5 metros); Pedrinhas; Solo; Sementes ou mudas.

A primeira etapa da confecção foi o corte das garrafas PET com o uso de uma tesoura ou estilete, para que fosse aberto o espaço de plantio das sementes ou mudas. Também foram feitos furos na parte inferior da garrafa, para que houvesse o escoamento da água. Posteriormente, as garrafas foram suspensas com o uso do arame. Além disso, também foram feitas as aberturas nas extremidades das garrafas (Figura 02), para que houvesse a introdução da mangueira - contendo furos, possibilitando o gotejamento. Um extremidade da mangueira foi conectada à garrafa PET que reterá a água, para que pudesse transportá-la por todo o sistema. A outra extremidade, também foi conectada à garrafa PET, no entanto, esta tem a função de retornar com a água que não foi gotejada, realizando um ciclo. Por fim, as pedrinhas foram depositadas no fundo da garrafa, seguida pela terra - importante estar adubada - e encerrando com o plantio da muda ou semente. No projeto trabalhado, houve a plantação de mudas de manjeriço, cebolinha e boldo e sementes de coentro.

Figura 02 - Horta Serpente



Fonte: Embu das Artes, 2012.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estudo da vazão da água condensada nos aparelhos de ar condicionado

Foram utilizados os aparelhos de ar condicionado dos Laboratórios 05, 06 e 07 de Meio Ambiente, sendo identificados no estudo como Ambiente 01, 02 e 03, respectivamente. A média da vazão do aparelho de ar condicionado do Ambiente 01 foi 2,112 L/h, com uma umidade relativa do ar de 45%. No Ar 01 do Ambiente 02 a média foi de 0,686 L/h, enquanto no Ar 02 do Ambiente 02 a média foi de 1,654 L/h - ambos com umidade relativa do ar de 43%. No ar do Ambiente 03 a média das três análises de vazão foi de 1,84 L/h com umidade relativa do ar de 50%.

De forma geral, foi verificado que a vazão dos equipamentos tem a vazão reduzida e tende a ficar estável à medida que a temperatura do ambiente se aproxima do valor selecionado, no caso, 17°C. Foram registrados na Tabela 01 os quantitativos da vazão dos 4 aparelhos em três análises diferentes.

Tabela 01 - Análise da vazão dos condicionadores de ar

Salas	Coleta 1 (L/h)	Coleta 2 (L/h)	Coleta 3 (L/h)	Vazão média (L/h)	Umidade relativa do ar
Ambiente 01	2,472	1,974	1,890	2,112	45%
Ambiente 02 - Ar 01	1,242	0,636	0,180	0,686	43%
Ambiente 02 - Ar 02	1,692	1,758	1,512	1,654	43%
Ambiente 03	2,022	1,746	1,752	1,840	50%

Fonte: Autor, 2019.

A média da vazão do aparelho de ar condicionado do Ambiente 01 foi 2,112L/h, com uma umidade relativa do ar de 45%. No Ar 01 do Ambiente 02 a média foi de 0,686L/h, enquanto no Ar 02 do Ambiente 02 a média foi de 1,654L/h - ambos com umidade do ar de 43%. No ar do Ambiente 03 a média das três análises de vazão foi de 1,840L/h com umidade

relativa do ar de 50%. De forma geral, foi verificado que a vazão dos equipamentos tem a vazão reduzida e tende a ficar estável à medida que a temperatura do ambiente se aproxima do valor selecionado, no caso, 17°C. Considerando que os aparelhos de ar condicionado dos Ambientes 01, 02 e 03 fiquem ligados por cerca de 8 horas por dia durante 20 dias do mês, a quantidade de água coletada proveniente dos aparelhos seria de 712,32L/mês.

4.2 Análise qualitativa e quantitativa da água

Os valores obtidos nas análises (Tabela 02) foram comparados com os valores limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005, que dispõe sobre águas doces, classe 1, em que a água também pode ser destinada à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película. Os resultados alcançados encontram-se dentro dos parâmetros físico-químicos estabelecidos e podem ser reutilizado para irrigação da horta proposta.

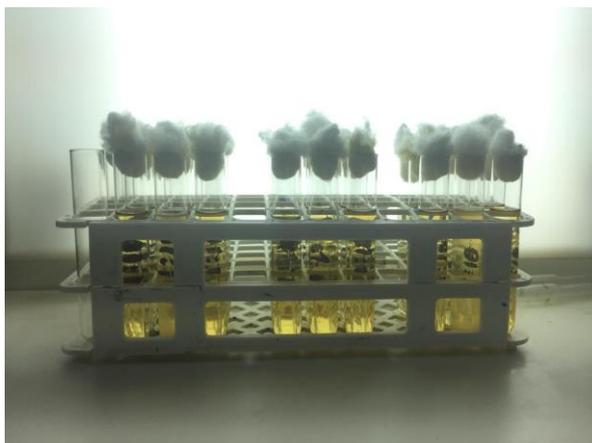
Tabela 02 - Resultado das análises físico-químicas.

Parâmetros	Unidades	Resultados	CONAMA n° 357/2005
Turbidez	NTU	0,13	40
pH		7,87	6,0-9,0
Oxigênio Dissolvido	mg/L	7,22	≥ 6mg/L

Fonte: Autor, 2019.

As análises microbiológicas também demonstraram resultados satisfatórios. O teste presuntivo para detecção de bactérias do grupo Coliformes apresentou um resultado negativo (Figura 03), não necessária, nesse caso, a realização de análise para Coliformes fecais. A análise dos fungos (Figura 04) também foi satisfatória, não apresentando colônias significativas. Já a análise dos fungos presentes no ar, apresentou um amplo crescimento. A análise de bactérias heterotróficas (Figura 05) também apresentou um resultado aceitável. Foi feita a contagem de colônias nas três amostras, obtendo os seguintes valores: $6,5 \times 10^2$ UFC/mL; $2,4 \times 10^2$ UFC/mL; $1,35 \times 10^3$ UFC/mL. Apesar de não existir padrão para contagens desses microrganismos em águas destinadas à irrigação, a contagem deles funciona como um indicador complementar da qualidade da água, uma vez que o acréscimo em sua contagem indica um aumento na quantidade de matéria orgânica (ARAÚJO *et al.*, 2015).

Figura 03 - Teste presuntivo dos Coliformes



Fonte: Autor, 2019.

Figura 04 - Análise dos fungos



Fonte: Autor, 2019.

Figura 05 - Análise de bactérias heterotróficas.



Fonte: Autor, 2019.

4.3 Horta vertical

A reutilização da água condensada foi através da irrigação da horta vertical (Figura 06) que, além de contribuir para o paisagismo, promove a interação e um ambiente escolar agradável. Todas as mudas plantadas se adaptaram ao local de plantio e cresceram

saudavelmente, assim como a semente do coentro que brotou em um prazo de 15 dias. A mangueira que foi colocada com o objetivo de irrigar por gotejamento mostrou um bom resultado. A garrafa PET colocada com o propósito de reter a água demonstrou bastante utilidade, uma vez que permitiu a água circular pelo sistema.

Figura 06 - Sistema da horta vertical tipo serpente.



Fonte: Autor, 2019.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os aparelhos de ar condicionado apresentam um quantitativo bastante significativo quando se refere à condensação de água. No trabalho foram estudados 4 aparelhos, que se ligados por cerca de 8 horas por dia durante 20 dias do mês, a quantidade média de água coletada poderia chegar a 712,32L/mês. A água recuperada tornaria-se ainda maior considerando todos os aparelhos do *campus*, podendo também ser direcionado a limpeza do espaço, jardinagem, entre outras possibilidades.

A aplicação da água condensada em aparelhos de ar condicionado para irrigação de hortas verticais é bastante promissora, uma vez que água avaliada nesse estudo apresentou parâmetros físico-químicos e microbiológicos (pH, turbidez, oxigênio dissolvido e bactérias do grupo coliformes), adequados para regadura de hortaliças. Além disso, a horta vertical com hortaliças ocupa pequenas áreas, favorece a socialização e conscientização da comunidade acadêmica em relação ao consumo consciente, sustentabilidade e economia de recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ANA. **Dia da Água: O planeta chora.** Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/dia-da-agua-o-planeta-chora.2019-03-15.6637774154>>. Acesso em: 17 set. 2019.

ANA. **Falta de água potável no mundo aparece relacionada a 80% das mortes e doenças.** Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/falta-de-a-gua-pota-vel-no-mundo-aparece.2019-03-14.1777251782>>. Acesso em: 17 set. 2019.

ANTONOVICZ, D.; WEBER, R. G. B. Inventário e PMOC – **Plano de manutenção operação e controle – nos condicionadores de ar do Campos Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.** 2013. 59 f. Monografia (Grau de Tecnólogo em Manutenção Industrial) - Diretoria de Graduação e Educação Profissional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

ARAÚJO, Fábio Vieira de. Avaliação da qualidade da água utilizada para irrigação na bacia do Córrego Sujo, Teresópolis, RJ. **Cad. Saúde Colet**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 23, p.380-385, set. 2015.

ATHOSY. **Sociedades Hidráulicas: Egito e Mesopotâmia.** Disponível em: <<https://historiaifpr.wordpress.com/2015/05/25/sociedades-hidraulicas-egito-e-mesopotamia/>>. Acesso em: 17 set. 2019.

BARBOSA, Vanessa. **Drama da água: sinais do colapso a conta-gotas no Sudeste.** Guia Exame Sustentabilidade, p. 21-25, 2015.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Resolução Conama.** Brasília, DF: Dou, 18 mar. 2006. p. 58-63.

CEMADEN. **Sistema de Monitoramento de Seca para o Brasil.** Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/sistema-de-monitoramento-de-seca-para-o-brasil-marco2019/>>. Acesso em: 17 set. 2019.

CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. 2019. Disponível em: <<https://www.cptec.inpe.br/pe/garanhuns>>. Acesso em: 11 set. 2019.

ONU. Organização das Nações Unidas. **ONU: 1 em cada 3 pessoas no mundo não tem acesso a água potável. 2019.** Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-a-agua-potavel/>>. Acesso em 10 set. 2019.

SARMENTO, Maria Iza de Arruda et al. Captação e aproveitamento de água da chuva em residências rurais no Município de Nazarezinho – Paraíba. **Agroecologia no Semiárido**, Sousa, v. 1, n. 1, p.24-33, jun. 2017.

SAÚDE, Ministério da. **Análise de indicadores relacionados à água para consumo humano e doenças de veiculação hídrica no Brasil, ano 2013, utilizando a metodologia da matriz de indicadores da Organização Mundial da Saúde (OMS)**. Brasília-df: Editora Ms, 2015. 37 p.

SILVA, Alaíne Rodrigues da. **Sustentabilidade ambiental aplicada a partir do reuso de água de aparelhos de ar condicionado segundo a lei n.º. 10.446 de 03/10/2016**. 2017. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2017.

TONETTI, Adriano Luiz et al. **Tratamento de esgoto e produção de água de reúso com o emprego de filtros de areia**. Eng Saint Ambient, Campinas, v. 3, n. 17, p.287-294, set. 2012.

YAMAGUCHI, Mirian Ueda. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 3, n. 37, p.312-320, jun. 2013.