

REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM ESCOLA DE NÍVEL MÉDIO NO AGRESTE PERNAMBUCANO

GRAY WATER REUSE IN A HIGH SCHOOL IN AGRESTE
PERNAMBUCANO

Aline Silva

alinejulianebs@gmail.com

Ronaldo Faustino

ronaldofaustino@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

Com objetivo de aproximar a comunidade escolar das práticas de reúso de águas cinzas, foi feito um estudo sobre o potencial de reúso na escola Estadual Antônio Inácio em Feira Nova, PE. Baseado nos hábitos de consumo dos usuários e nas características da edificação foi proposto um projeto de reúso de águas cinzas utilizando o sistema de wetlands construídos. O projeto seguiu orientações e padrões usuais observados em estudos nacionais e internacionais, ressalta-se que os sistemas de wetlands construídos já são amplamente difundidos internacionalmente e que nas últimas décadas apresentam alto crescimento no Brasil. A concepção do projeto de reúso foi norteada por critérios de segurança do usuário, preservação ambiental, baixo custo e facilidade de manutenção. O sistema proposto combinou tratamento eficiente com o potencial paisagístico, fato que ocasionou a aceitação do projeto de reúso pela comunidade escolar.

Palavras-chave: Águas cinzas. Reúso. Wetlands Construídos.

ABSTRACT

In objective to bring the school community closer to gray water reuse practices, a study was carried out on the potential for reuse at the Antônio Inácio State School in Feira Nova, PE. Based on users' consumption habits and the characteristics of the building, a gray water reuse project was proposed using the constructed wetlands system. The project followed guidelines and usual standards observed in national and international studies, it is emphasized that the wetlands systems are already widely disseminated internationally and that in the last decades show high growth in Brazil. The design of the reuse project was guided by criteria of user safety, environmental preservation, low cost and easy maintenance. The proposed system combined efficient treatment with the landscape potential, fact which caused the acceptance of the reuse project by the school community

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos temos observado crises no abastecimento de água em diversas regiões do Brasil e do mundo, nesse cenário de crescimento da demanda por água tratada, o tema “conservação da água” é amplamente discutido e uma série de alternativas são propostas para evitar a escassez desse recurso.

O reúso é definido como aproveitamento de água previamente utilizada, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir suas necessidades de outros usos benéficos (LAVRADOR, 1987).

Nesse contexto, as práticas de reúso de águas cinzas para fins não potáveis se mostram importantes, pois contribuem com a redução da captação de água dos mananciais e com a diminuição da vazão de efluentes. Além disso, a substituição de fontes é uma alternativa para atender a demandas menos restritivas, enquanto as águas de melhor qualidade destinam-se a usos mais nobres.

O reúso da água cinza é a melhor opção atualmente por sua baixa concentração de matéria orgânica. Consta efetivamente de uma medida de peso na ação da economia de água e que, por consequência, contribui para a busca da sustentabilidade hídrica (SANTOS, 2002).

É bastante eficiente na prática do reúso, visto que, as mesmas apresentam alto volume, baixa concentração de nutrientes e matéria orgânica de fácil degradação (COHIM, 2007).

O reúso de água é amplamente utilizado no mundo e principalmente na indústria por ser uma solução sustentável (economicamente, socialmente e ambientalmente), além de ser uma alternativa para escassez de água doce.

A classificação do reúso pode ser quanto ao método ou quanto à finalidade. Quanto ao método, o reúso pode ser direto ou indireto. Quanto aos fins: urbanos para fins potáveis, urbanos para fins não potáveis, industriais, agrícolas, para aquicultura, e para recarga de aquíferos.

De acordo com a WHO (1973) o reúso indireto ocorre quando as águas já usadas, uma ou mais vezes, no uso doméstico ou industrial, são descarregadas nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizadas à jusante, de forma diluída. E o reúso direto é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades, sem lançamento ou diluição prévia em corpos superficiais ou subterrâneos.

A Lei no 9.433, conhecida como Lei das Águas, apresenta fundamentação legal para a racionalização do uso da água e requisitos jurídicos para o reúso de água, como alternativa viável na preservação e conservação ambiental. A Lei tem como um de seus objetivos “a utilização racional e integrada dos

recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável”.

Por contribuir com a redução da captação de água dos mananciais, diminuição da vazão de lançamento de efluentes, e mesmo nos aspectos econômicos do abastecimento público, as práticas de reúso para fins não potáveis estão difundidas em todo mundo, países como Japão, EUA, Canadá, Alemanha, Reino Unido e Israel praticam o reúso de águas cinzas como fonte alternativa para usos não potáveis.

São exemplos de atividades para fins não potáveis o reaproveitamento para descarga sanitária, lavagem de pisos, lavagem de carros, irrigação de jardins e campos esportivos, controle de poeira em obras, dentre outras.

De acordo com o Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações (BRASIL, 2005) as exigências mínimas para o uso da água não potável dependem da sua utilização. As águas para irrigação de jardins e lavagem de pisos não devem: apresentar mau cheiro, conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas, ser abrasiva, manchar superfícies, propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana. Estas exigências servem de parâmetro para a determinação do tipo de tratamento adequado.

Os componentes dos sistemas de reúso de águas cinzas são: coletores, armazenamento e tratamento. A escolha do tratamento empregado deve ser criteriosa e fundamentada nas características do efluente a ser tratado e dos requisitos de qualidade para a aplicação do reúso desejado. Sendo assim, a caracterização do efluente a ser tratado é de fundamental importância, bem como a

definição dos usos finais.

Dentre os diversos sistemas de tratamento de águas cinzas os Sistemas de Wetlands Construídos têm mostrado boa receptividade por meio dos usuários por combinar eficiência, potencial paisagístico, facilidades de implantação e manutenção, e baixos custos. Também conhecido como “alagados construídos”, ou “jardins filtrantes”.

... este sistema baseia-se em sistemas naturais de autodepuração, nele ocorrem processos físicos (filtração, sedimentação, volatilização), químicos (adsorção, oxidação, redução, precipitação, quelação) e biológicos (degradação e absorção pelos microrganismos, decaimento de patógenos, extração pelas plantas, entre outros). Consistem de canais rasos com plantas aquáticas, onde o fluxo pode ser superficial ou subsuperficial. O tratamento dos esgotos ocorre por meio de mecanismos biológicos, químicos e físicos no sistema solo-água-plantas (FLORENCIO, BASTOS e AISSE, 2006).

Sezerino (2015) explica que nos wetlands construídos de escoamento subsuperficial de fluxo horizontal (WCFH), o efluente a ser tratado é disposto na porção inicial do leito, denominada zona de entrada, geralmente composta por brita, de onde irá percolar vagarosamente através do material filtrante até atingir a porção final, também composta por brita e chamada de zona de saída.

Essa percolação tende a seguir na horizontal e é impulsionada por uma declividade de fundo (Figura 1).

Figura 1 – Esquema do wetlands construído de fluxo horizontal



Fonte: Sezerino (2015)

Os sistemas de Wetlands Construídos têm mostrado eficiência, vantagens quanto aos custos de implantação e operação, e aceitação por parte da sociedade.

Como tratamento secundário ou terciário os Wetlands Construídos produzem efluentes de qualidade aceitável para lançamento em corpos hídricos ou reutilização para fins considerados não nobres (BEDA, 2011).

A utilização dos sistemas de Wetlands Construídos está em pleno crescimento no Brasil e no mundo, podendo ser aplicado no tratamento de diversos efluentes e em diferentes níveis de tratamento (preliminar, secundário ou terciário). São tratamentos promissores, pois são de fácil implantação e manutenção. Sendo um processo natural, utiliza recursos disponíveis como a vegetação da própria região, é econômico, de fácil gerenciamento e pode ser incorporado a paisagem local.

Com o estudo sobre a potencialidade de reúso de água da

edificação, e sabendo da importância da aceitação social nas práticas de reúso, o presente estudo busca aproximar a comunidade escolar de uma tecnologia de tratamento de água que vem crescendo no mundo inteiro.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido na Escola Estadual Antônio Inácio localizada Feira Nova, município do agreste pernambucano que historicamente convive com a escassez de água e com regimes de rodízio no abastecimento, distante 80 km do Recife.

Figura 2 – Localização da área de estudo



Fonte: Google Maps(2018)

A escola tem atualmente 425 alunos matriculados e um quadro com 38 funcionários, possui 12 salas (sendo seis salas de aula), uma biblioteca, uma cantina, um banheiro para os funcionários e dois para os alunos, área coberta e áreas externas com jardins. Ocupa uma área de 2966,5m², sendo 830,47m² construídos e projeto de ampliação para 1032,70m², o sistema de tratamento de esgoto é o de fossa

séptica e sumidouro. As consultas aos projetos arquitetônico e hidrossanitário da escola foram disponibilizadas, por intermédio da gestora da escola, pelo engenheiro da Gerência Regional de Educação (GRE) responsável. As informações orientaram o projeto de reúso de forma a não ocorrer instalações cruzadas.

2.2 Estudo dos hábitos de consumo, geração de águas cinzas e demandas para fins não potáveis

Por meio de visitas foram realizadas observações sobre o espaço físico da edificação, e os hábitos de consumo de água dos usuários desta. Com o intuito de identificar a geração de águas cinzas passíveis de tratamento e reaproveitamento na própria unidade escolar, bem como possíveis fins para água já tratada, foi construído um diálogo com a gestora da escola. Tal diálogo orientou-nos para pesquisa (ou quantificação) das águas geradas pelas lavagens das mãos nos banheiros.

Os hábitos de consumo de água foram identificados pela observação e também por conversas com alunos e funcionários da escola, sendo toda a comunidade escolar muito importante no levantamento dos dados. A geração de águas cinzas nos banheiros da Escola Estadual Antônio Inácio foi analisada por meio de pesquisas de usos dos aparelhos e medições de vazões e dos tempos de uso.

Objetivando estimar o volume de águas cinzas gerado nos lavatórios dos banheiros, foi realizada uma pesquisa com 432 alunos da escola para obter o número médio de vezes que cada aluno utiliza o lavatório por dia de atividade escolar, estes responderam a pergunta por meio de

uma ficha. A pesquisa foi realizada com alunos dos dois turnos.

Também foram realizadas medições do tempo de lavagens de mãos, nesta etapa tivemos o auxílio de estudantes da própria escola que cronometraram o tempo efetivo que as torneiras permaneceram abertas durante as lavagens das mãos. Os tempos foram medidos durante uma aula (50min) e durante o intervalo (20min) nos dois turnos (manhã e tarde). A estimativa da vazão de cada torneira dos banheiros dos alunos foi realizada utilizando-se um recipiente com volume conhecido e cronometrando-se o tempo necessário para o enchimento do recipiente com água.

Paralelamente foi feito um levantamento sobre os consumos mensais de água nos últimos três anos. Toda água utilizada na escola é fornecida pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), sendo assim, estes dados foram obtidos com a concessionária. A partir desses dados foram calculados os consumos médios anuais, excluindo o maior e menor consumo mensal com o intuito de diminuir distorções devido aos meses com abastecimento irregular e possíveis perdas com vazamentos.

Para avaliação dos hábitos de consumo foi levantado o número de alunos matriculados na escola nos anos de 2015, 2016 e 2017, sendo este número variável optou-se por adotar o mês de novembro como referência.

Ao relacionarmos os consumos médios anuais (CM) com os respectivos números de alunos matriculados no ano (N), foi calculado o índice de consumo de água por aluno por dia letivo (IC), em litro, pela equação 1, onde são considerados

200 dias letivos

$$IC = \frac{CM * 12 * 1000}{N * 200} \quad (1)$$

onde:

IC = índice de consumo por aluno (L.d⁻¹)

CM = consumo médio anual (m³)

N = número de alunos no ano

Observada certa regularidade nos índices de consumo de água por aluno por dia letivo, e considerando que a escola atualmente opera com a capacidade máxima de alunos, sem projeções de demandas significativamente maiores, por limitações na estrutura física, optou-se por adotar o número de alunos matriculados no ano de 2017, para estimar o volume de águas cinzas.

O volume mensal de águas cinzas geradas nos lavatórios dos banheiros dos alunos foi estimado com base nos dados citados anteriormente e considerando um período de 20 dias letivos. Esse volume (VM) foi calculado segundo a Equação 2, sendo (NL) o número médio de lavagens por dia letivo, (T) o tempo médio de torneira efetivamente aberta por lavagem, (V) a vazão média das torneiras, e (N) o número de alunos matriculados em 2017.

$$VM = NL * T * V * N * 0,001 * 20 \quad (2)$$

onde:

VM= volume mensal de águas cinzas (m³)

NL= número médio de lavagens por aluno (d⁻¹)

T= tempo médio de torneira aberta

por lavagem (s)

V= vazão média das torneiras(L.s⁻¹)

N= número de alunos matriculados

Para determinação da demanda de água para fins não potáveis foram realizados levantamentos com funcionários. Com os responsáveis pela irrigação dos jardins obtivemos o tempo de irrigação diário, que são feitas por meio de mangueiras, das quais medimos as vazões. Junto com os funcionários da limpeza estimamos o volume de água utilizado na lavagem dos pisos, que ocorrem uma vez por semana em cada ambiente, e com o uso de baldes de 20 litros.

A definição do uso final da água de reúso e suas respectivas demandas foram utilizadas para a escolha dos componentes do sistema de tratamento.

Foi proposta a análise da água cinza a ser tratada para a confirmação do pressuposto de baixo teor de poluentes. Por fim a elaboração do projeto de reúso que inclui o detalhamento do sistema e um projeto de manutenção e monitoramento, além da elaboração de materiais para oficinas sobre a utilização do sistema.

2.3 Critérios e parâmetros de projeto

Os critérios e parâmetros foram estabelecidos, na compreensão que projetos de reúso devem ser norteados por critérios de segurança do usuário, preservação ambiental e sustentabilidade.

O sistema de tratamento proposto é o Wetlands Construído de Fluxo Horizontal (WCFH). Os critérios e parâmetros para elaboração do projeto de reúso foram embasados em dados de pesquisas nacionais e

internacionais, sendo as pesquisas nacionais importantes na escolha de parâmetros e elementos locais. Também foram consultadas legislações e normas que regulam a prática do reúso de água para fins não potáveis.

2.3.1 Etapas para elaboração do projeto de reúso

Nos projetos de reúso de água alguns aspectos são de extrema importância por direcionar as escolhas dos próprios componentes do sistema de tratamento, como por exemplo, a origem do afluente e o destino da água tratada. Para elaboração do projeto listamos algumas etapas que foram seguidas, não necessariamente na ordem apresentada ou sem a possibilidade de retorno, mas entendemos que no caso específico do nosso estudo, cujo objetivo é analisar o potencial de reúso e desenvolver um projeto aplicável, repensar essas etapas fez-se necessário, são elas:

- Definição da origem (águas cinzas) e destino da água de reúso para fins não potáveis;
- Estimativa do volume diário a ser tratado;
- Determinação da demanda de água para reúso;
- Estabelecer os critérios de tratamento e modelo de dimensionamento;
- Estimativa da área superficial necessária ao sistema, e comparativo com áreas disponíveis na edificação.
- Determinação e detalhamento dos componentes do sistema de tratamento;

2.3.2 Estimativa de área superficial do sistema e critérios de qualidade da água de reúso

A estimativa da área superficial necessária para a promoção do tratamento secundário utilizou modelos da cinética de segunda ordem aplicável a reatores tipo pistão, conforme a equação 3 (CONLEY, 1991).

$$\frac{C_e}{C_0} = \exp(-K_T * t) \quad (3)$$

onde:

C_e = concentração efluente em termos de DBO5 (mg.L^{-1})

C_0 = concentração afluente em termos de DBO5 (mg.L^{-1})

K_T = constante de reação da cinética de primeira ordem, dependente da temperatura T (d^{-1})

T = tempo de retenção hidráulico (d)

O tempo de retenção hidráulico na Equação 3 é função da porosidade do maciço filtrante, do volume do filtro e da vazão que se deseja tratar (Equação 4).

$$t = n * \frac{V}{Q} \quad (4)$$

onde:

t = tempo de retenção hidráulico (d)

n = porosidade do material filtrante (m^3 vazios. m^{-3} material)

V = volume do filtro (m^3)

Q = vazão a tratar ($\text{m}^3.\text{d}^{-1}$)

A constante K_T , destacada na Equação 3, pode ser obtida através de equações empíricas que relacionam a

constante de reação à 20°C (K_{20}) com (Equação 5) a equação modificada de Van't Hoff-Arrhenius (WPCF, 1990).

$$K_T = K_{20} * 1,06^{(T-20)} \quad (5)$$

onde:

K_T = constante de reação da cinética de primeira ordem, dependente da temperatura T (d^{-1})

K_{20} = constante de reação a 20°C (d^{-1})

T = temperatura crítica (°C)

Então, utilizando as equações de 3 a 5, pôde-se estimar a área superficial requerida para o WCFH por meio da Equação 6. Para isso foi adotado K_{20} igual a $0,8 d^{-1}$, valor obtido por Olijnyk *et al*(2007) em 12 meses e monitoramento.

$$A = \frac{Q * (\ln C_o - \ln C_e)}{K_T * p * n} \quad (6)$$

onde:

A = área superficial requerida (m^2)

Q = vazão afluyente ($m^3.d^{-1}$)

C_o = concentração afluyente em termos de DBO5 ($mg.L^{-1} = g.m^{-3}$)

C_e = concentração efluyente em termos de DBO5 ($mg.L^{-1} = g.m^{-3}$)

K_T = obtida pela Equação 3 (d^{-1})

n = porosidade do material filtrante (m^3 vazios. m^{-3} material)

p = profundidade média do filtro (m)

Os critérios de qualidade da água para reuso urbano, expostos na Tabela 1, foram adotados como propôs Rezende (2016) após vasta

pesquisa bibliográfica às legislações, normas, pesquisas e estudos de casos que orientam a prática do reuso.

Tabela 1. Critérios de qualidade da água para reuso

Parâmetro	Irrestrito	Restrito
CTer	≤ 200	≤ 1000
(NMP/100m)		
DBO (mg.L ⁻¹)	≤ 10	≤ 30
SST (mg.L ⁻¹)	≤ 20	≤ 30
Turbidez	≤ 2	≤ 5
(UNT)		
pH	6 – 9	6 – 9
Cor (uC)	≤ 15	≤ 40
Ovos de	< 1	
helmintos.L ⁻¹		
CRT (mg.L ⁻¹)	0,5 a 2,0	0,5 a 2,0
Odor	Não ofensivo	Não ofensivo
Óleos e	Visualmente	Visualmente
graxas	ausentes	ausentes

CTer: coliformes termotolerantes;
DBO: demanda bioquímica de oxigênio;
SST: sólidos suspensos totais;
CRT: cloro residual total.
Fonte: Adaptado de Rezende (2016)

Tratando-se de local público o uso foi considerado irrestrito, e foram estes os parâmetros adotados tanto nas previsões de área necessária quanto no sistema de monitoramento. Dessa forma a concentração efluyente em termos de DBO₅, utilizada na equação 6 para estimativa de área, foi de $10 mg.L^{-1}$.

Quanto a concentração afluyente em termos de DBO₅ (C_o) utilizada na equação 6, foi adotado um valor de $180 mg.L^{-1}$. Rezende (2016), de acordo com a literatura estudada, apresenta valores de DBO₅ variando

de 25 a 265 mg.L⁻¹, para águas cinzas.

A temperatura crítica adotada foi a de 22°C, sendo a temperatura mínima observada nos municípios próximos, dado obtido no site da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC). A profundidade média do filtro (tanque de tratamento) fixada em 0,60 m e a relação entre largura e comprimento de no máximo 0,5. Já a porosidade do substrato adotada foi de 45%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para elaboração de um projeto de reúso aplicável na escola, optou-se por utilizar apenas as águas cinzas geradas nos lavatórios, por questões de facilidades na implantação e manutenção do sistema. Propor projetos de reúso de águas em instituições de ensino é orientar boas práticas ambientais e sociais, e aproximar tecnologias da população. De fato, conforme Scherer (2003), é importante que ocorra nas escolas a sensibilização e a conscientização das camadas mais jovens da população brasileira quanto ao uso racional da água.

A tabela 2 apresenta o número de alunos matriculados na instituição nos anos de 2015, 2016 e 2017.

Tabela 2. Alunos matriculados

Ano	Número de alunos
2015	430
2016	501
2017	522

Fonte: Autor

Ao analisarmos o consumo de água dos últimos três anos, pelos dados obtidos junto a COMPESA,

constatamos um aumento consecutivo no consumo médio anual, conforme o exposto na tabela 3.

Os dados de consumo foram dos meses compreendidos entre janeiro de 2015 e dezembro de 2017.

Tabela 3. Consumo médio anual

Ano	Consumo médio anual (m ³ por mês)
2015	42,9
2016	48,4
2017	50,7

Fonte: Autor

Não foi observada grande variação no índice de consumo de água por aluno conforme a tabela 4. Conforme Soares et al (2017) em diversos estudos no Brasil e em outros países, este índice varia entre 4,5 e 134L por agente consumidor por dia, e escolas públicas do Recife apresentam índices menores que 10L por aluno por dia.

Os índices encontrados na unidade de estudo são considerados baixos, no entanto, práticas de uso racional da água em instituições de ensino geram impactos positivos na consciência socioambiental dos indivíduos.

Tabela 4 – Índice de consumo de água por aluno (IC)

Ano	IC (L por aluno por dia letivo)
2015	5,97
2016	5,80
2017	5,83

Fonte: Autor

Como resultado da pesquisa com

os 432 alunos, obtivemos o valor médio do número de lavagens de mãos dos estudantes por dia letivo, que foi de 1,85 lavagens. No total foram medidos os tempos de 112 lavagens resultando num tempo médio de 8,5 s de torneira efetivamente aberta por lavagem. Com a medição das vazões de todas as torneiras dos dois banheiros (três em cada) obteve-se a vazão média de $0,083 \text{ L.s}^{-1}$.

Tabela 5. Quadro resumo

	Variável	Valor
NL	Número médio de lavagens por dia letivo por aluno	1,85 lavagens
T	Tempo médio de torneira aberta por lavagem	8,50 s
V	Vazão média das torneiras	$0,083 \text{ L.s}^{-1}$
N	Número de alunos	522 alunos
VM	Volume médio mensal de águas cinzas	$13,6 \text{ m}^3$

Fonte: Autor

O volume mensal de águas cinzas geradas nos banheiros dos alunos foi estimado com base nos dados citados anteriormente, e calculado por meio da equação 2. A tabela 5 resume os dados coletados e explicita as variáveis.

Com base no volume mensal de $13,6 \text{ m}^3$ pôde-se inferir que o volume de águas cinzas geradas nos lavatórios representa 27% do consumo mensal e expressa um volume diário de 680L.

Dentre as demandas, observadas

na unidade escolar, para usos de águas cinzas tratadas estão a irrigação dos jardins e a lavagem de pisos, por serem atividades para fins não potáveis. Os tempos de rega dos jardins variam de 20 a 30 min e as mangueiras utilizadas tem vazão de $0,05 \text{ L.s}^{-1}$. Já na lavagem dos pisos são utilizados de 4 a 5 baldes de 20L por dia. Assim estimamos que o volume demandado para as atividades de irrigação e lavagem de pisos se aproxima de 190 L.d^{-1} . Nota-se então, que o tratamento das águas cinzas provenientes dos lavatórios dos banheiros será suficiente para atender tais demandas, visto que, no tratamento com o WCFH de 60 até 70% do afluyente pode ser reutilizado sendo o restante retido em processos de evapotranspiração e nutrição das plantas, conforme Buenfil (2005).

Com os dados obtidos pôde-se obter uma estimativa do volume de águas cinzas gerado nos dois banheiros da escola, este volume foi a base para a escolha do sistema de reúso e para elaboração do projeto. O Sistema Wetland Construído, foi escolhido pela facilidade de implantação e pelo potencial paisagístico.

3.1 Projeto de reúso de água com wetland construído de fluxo horizontal

O reúso da água proveniente dos lavatórios dos banheiros será direcionado para irrigação dos jardins (Figura 3) e lavagens de pisos externos. Como se trata de instalar novo tipo de tratamento visando reúso para fins não potáveis será necessário, além do sistema de tratamento, instalação de nova rede coletora para água cinza e sistema de armazenamento e distribuição da água já tratada. De acordo com as características da edificação e

desníveis do terreno a rede coletora opera por gravidade, já para a distribuição faz-se necessário reservatórios inferior e superior e sistema de bombeamento.

Figura 3 – Canteiros de jardins da escola



Fonte: Autor

3.1.1 Componentes do sistema de tratamento

O sistema será composto de tratamento primário com tanque séptico, o WCFH como tratamento secundário e a desinfecção por meio da cloração. Especificamente composto por rede coletora de águas cinzas, caixa de inspeção, fossa séptica, tanque de tratamento, caixa de saída, armazenamento e rede de distribuição da água tratada. Os pontos de água de reúso serão três e estarão localizados próximos aos canteiros de jardins, devidamente indicados como água para fins não potáveis (Figura 4).

O substrato ou material filtrante será composto por camadas de brita nº 2 e areia grossa, e nas regiões de entrada e saída do tanque brita nº 3, então para estimativa de área foi considerada uma porosidade média de 45%. As plantas (Figura 4) foram escolhidas com base em eficiências de tratamento já comprovadas, mas

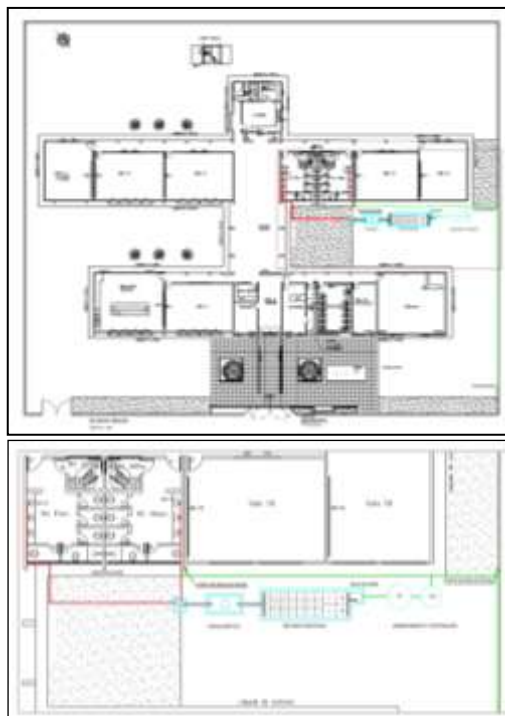
também se optou por variedades regionais e com potencial paisagístico. São elas: Taboa (*Typha*), Copo de leite (*Zantedeschia aethiops*), Biri (*Canna indica*), Lírio do brejo (*Hedychium coronarium*).

Figura 4 – Espécies vegetais propostas do wetland construído



Fontes: Autor, Google, 2018 (Taboa, Copo de leite branco e roxo, Biri, Lírio do brejo)

Figura 5 – Locação e detalhe do sistema

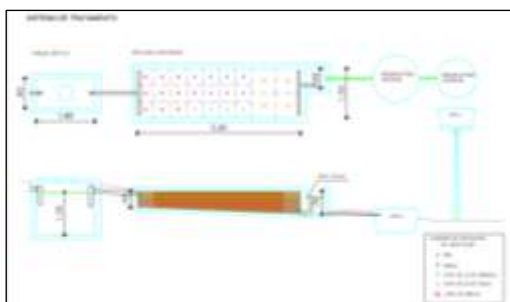


Fonte: Autor

A geometria do WCFH será função

da área estimada de acordo com o item 2.3.2. Determinamos uma profundidade média de 0,60 m para o tanque de tratamento, e por meio da equação 6 a área estimada foi de 7,5 m², assim dimensionamos o tanque com: 1,5 m de largura; 5,00 m de comprimento; 0,60 m na menor profundidade e 0,80 m na maior (sendo 0,10 m sem preenchimento de substrato). A figura 6 apresenta detalhes do sistema e a disposição da vegetação.

Figura 6 – Projeto de reúso



Fonte: Autor

Para o dimensionamento do tanque séptico foram seguidas as recomendações dispostas na NBR 7229/93 para esgotos domésticos. Considerando a temperatura média do mês mais frio do ano maior que 20°C e uma taxa de acumulação (K) prevendo a limpeza do tanque a cada dois anos. O tempo de detenção (T) no tanque séptico foi de um dia e o valor adotado para a geração de lodo fresco foi igual ao indicado para esgotos domésticos ($L_f = 1,0$). O reator foi dimensionado para atender um volume útil de 2,1 m³, com dimensões de 0,90 m de largura, 1,80 m de comprimento, 1,50 m de altura total e 1,30 m de altura útil.

Para o dimensionamento do reservatório de armazenamento foi considerado que a água gerada pelo sistema pode chegar a 70% da vazão diária de águas cinzas. Um possível

excedente, no volume de água tratada, será direcionado à sumidouro existente. Serão dispostos próximo ao WCFH um reservatório inferior de 1000L e o superior com capacidade de 500L, conforme detalhado na figura 6, podendo dessa forma armazenar a geração de até 3 dias sem uso.

O monitoramento deverá ser realizado mensalmente, em pontos de coleta dispostos na entrada do WCFH (afluente) e na caixa de saída (efluente). A manutenção do sistema prevê podas a cada seis meses ou quando necessário, e replantio no caso das plantas morrerem. No caso de colmatação, parte do substrato pode ser substituído e realizado novo plantio. O sistema foi projetado, para evitar tal fenômeno, porém trabalhos mostram que após um longo período de utilização (superior a 10 anos) ele pode ocorrer.

4. CONCLUSÕES

O estudo mostrou baixo consumo de água na unidade escolar, os valores do consumo médio anual ficaram entre 42, 9 e 50,7m³ por mês, apesar de atender de 430 a 522 alunos durante o período estudado. Conseqüentemente, o índice de consumo de água por aluno por dia letivo, também ficou abaixo da média observada em escolas com características semelhantes. Segundo alguns autores, índices de consumo abaixo da média podem refletir a consciência de preservação do recurso por parte da comunidade, baixos índices de desperdício por usos ou vazamentos, mas também podem sugerir hábitos de higiene não tão difundidos, entre outros aspectos sociais e culturais. De fato, não foi observado na escola, indicativos de desperdício por usos ou vazamentos. Apesar da instituição apresentar baixos índices de consumo, o uso

racional da água é uma alternativa possível e vantajosa, pois a conscientização escolar é um instrumento importante na disseminação de práticas.

O volume de águas cinzas gerado nos lavatórios dos banheiros representa 27% do consumo médio mensal e a demanda de água para irrigação dos jardins e lavagens de pisos em torno de 7,5%. Assim, o tratamento das águas cinzas será suficiente para suprir a demanda de águas para estas atividades. A área estimada (7,5m²) para o WCFH foi compatível com a disponibilidade da

edificação, podendo dessa forma ser implantado. O tratamento primário (tanque séptico) e a cloração foram indicados para atender os critérios de qualidade da água de reúso estabelecidos no projeto.

Além da economia gerada no consumo, a racionalização do uso da água promove a educação ambiental, ou seja, os usuários do sistema são estimulados repensar finalidades menos exigentes quanto à potabilidade, e dessa forma disseminar práticas e tecnologias exitosas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. A.; PITALUGA, D. P. S; REIS, R.P. A. Tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes precedida de tanque séptico. **Revista Biociências**, UNITAU. Volume 16, número 1, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

BRASIL, Ministério Do Meio Ambiente; Agência Nacional De Águas; Federação Das Industrias Do Estado De São Paulo; Sindicato Da Indústria Da Construção Do Estado De São Paulo. **Conservação e reúso de água em edificações**. São Paulo: Prol, 2005. Disponível em: www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/manual_agua.pdf. Acesso em: 30 Out. 2020.

BRASIL. **Lei no. 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, seção 1, p. 470, v. 135, n. 6, 09 de janeiro de 1997.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em: 30 Out. 2020.

BUENFIL, J. **La jardineira que filtra las aguas grises para reciclarlas. Instrumentos educativos para el saneamiento ecológico**. Morelos. 2005.

COHIM, E.; KIPERSTOK, A. **Uso de Água Cinza para Fins não Potáveis: um Critério Racional para Definição da Qualidade**. Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

CONLEY, L.M; DICK, R.I; LIOW, L.W. **An assessment of the root zone method of wastewater treatment.** Research Journal of the Water Pollution Control Federation, v. 63, n. 3, p. 239-247, 1991.

FINDLATER, B. C.; HOBSON, J. A.; COOPER, P. F. **Reed bed treatment systems: performance evaluation.** In: Constructed Wetlands in Water Pollution Control, P. F. Cooper and B. C. Findlater, Eds. Advances in Water Pollution Control, Pergamon Press, Oxford, 1990. 193p

FLORENCIO, L; BASTOS, R. K. X; AISSE, M. M. **Tratamento e utilização de esgotos Sanitários.** PROSAB –Edital IV. Recife: ABES, 2006. 427p.

HESPANHOL, I. **Esgotos como Recurso Hídrico.** Parte I: Dimensões Políticas, Institucionais, Legais, Econômico-financeiras e Sócio-culturais. Engenharia, São Paulo: Instituto de Engenharia de São Paulo, v. 55, n. 523, 1997.

LAVRADOR, José Filho. **Contribuição para o entendimento do Reúso Planejado de Água e Algumas Considerações sobre suas Possibilidades no Brasil.** 1987. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1987.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

OLIJNYK, D.P; SEZERINO, P.H; FENELON, F.R; PANCERI, B;PHILIPPI, L.S. **Sistemas de tratamento de esgoto por zona de raízes: análise comparativa de sistemas instalados no estado de Santa Catarina.** In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte: ABES. CD-ROM, 2007.

RAPOPORT, Beatriz. **Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reúso domiciliar e condominial.** 2004. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2004.

REZENDE, Amanda Texeira de. **Reúso urbano de água para fins não potáveis no brasil.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitarista) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

SANTOS, D. C. **Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental.** Ambiente construído, Porto alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, 2002.

SCHERER, F. A. **Uso racional da água em escolas públicas: diretrizes para secretarias de educação.** São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003. Dissertação Mestrado.

SEZERINO, P.H; BENTO, A. P; DECEZARO, S. D; MAGRI, M. E; PHILIPPI, L. S. **Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v.20, n.1, p.151-158, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522015000100151. Acesso em: 30 Out. 2020.

SOARES, A. E. P.; NUNES L. G. C. F.; SILVA, S. R. **Diagnóstico dos Indicadores de Consumo de Água em Escolas Públicas de Recife-PE.** Periódico Eletrônico Fórum Ambiental do Alta Paulista, v.13, n.1, 2017. Disponível em:

https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/viewFile/1493/1515. Acesso em: 30 Out. 2020.

TOMAZ, P. **Conservação de água**. São Paulo. Parma, 1998.

TOMAZ, P. **Economia de água**: Para empresas e residências. São Paulo. Navegar, 2001. p. 112.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Reuse of efluentes**: methods of wastewater treatment and health safeguards. Of a WHO meeting of Express, Technical report N°517. Genebra, 1973.

WPCF - WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. **Natural System For Wastewater Treatment**. Manual of Practice FD-16. Washington: WPCF, 1990.