



Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade
ISSN: 2316-9834
revistageas@uninove.br
Universidade Nove de Julho
Brasil

Senge, Valter Antônio; Ghellar Canova, Raquel Fernanda;
Dorneles Dorneles dos Santos, Leandro; Patias, Jovani
O reúso da água gerada por climatizadores para resolução de
problemas a partir de pesquisa-ação em instituição pública de ensino
Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade,
vol. 7, núm. 2, 2018, Mayo-Agosto, pp. 322-339
Universidade Nove de Julho
São Paulo, Brasil

DOI: <https://doi.org/10.5585/geas.v7i2.724>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=471659746008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org



O REÚSO DA ÁGUA GERADA POR CLIMATIZADORES PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS A PARTIR DE PESQUISA-AÇÃO EM INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO

¹Valter Antônio Senger

²Raquel Fernanda Ghellar Canova

³Leandro Dorneles Dorneles dos Santos

⁴Jovani Patias

RESUMO

O reúso da água tem sido tratado como uma das saídas para os déficits hídricos aos quais as cidades e seus cidadãos estão sujeitos, nos últimos anos, e futuramente. Assim, o objetivo geral da presente pesquisa foi promover ações sustentáveis de cuidado e reutilização da água e refletir sobre políticas ambientais para contribuir na formação de profissionais na área de edificações, que estejam preocupados com o futuro do planeta. A metodologia utilizada foi a pesquisa-ação, definida a partir de estudos sobre a importância da economia de água potável e das consequências ocasionadas devido sua infiltração no solo, junto as edificações, afetando diretamente na sua estabilidade. Utilizou-se a pesquisa bibliográfica e a pesquisa documental no trabalho. Como resultado, utilizando apenas cinco equipamentos com capacidade de 8.000 BTU's, obteve-se o aproveitamento de aproximadamente 3.000 litros de água, em 22 dias (equivalente a um mês), já considerando as perdas por evaporação, sendo possível abastecer a cisterna da instituição nos períodos de menor incidência pluvial aferindo maior economia quanto ao consumo de insumos tratados, bem como uma proteção contra acidentes, eliminando a presença de umidade nas calçadas, além de proporcionar maior estabilidade à edificação reduzindo a presença de água junto às bases da do maciço.

Palavras-chave: Água. Reutilização. Climatizadores de ar. Sustentabilidade. Educação ambiental.

¹ Universidade Federal de Santa Maria-UFSM, Rio Grande do Sul (Brasil).
Email: <valter.senger@iffarroupilha.edu.br>

² Universidade Federal de Santa Maria-UFSM, Rio Grande do Sul (Brasil).
Email: <raquel.canova@iffarroupilha.edu.br>

³ Universidade Federal de Santa Maria-UFSM, Rio Grande do Sul (Brasil).
Email: <leandro1902@gmail.com>

⁴ Universidade Federal de Santa Maria-UFSM, Rio Grande do Sul (Brasil).
Email: <jovanipatias@gmail.com>



THE REUSE OF WATER GENERATED BY CLIMATIZERS FOR TROUBLESHOOTING FROM AN ACTION RESEARCH IN A PUBLIC INSTITUTION OF TEACHING

ABSTRACT

Water reuse has been treated as one of the outlets for the water deficits to which cities and their citizens have been subjected in recent years and in the future. Thus, the general objective of this research was to promote sustainable water reuse and care actions, and to reflect on environmental policies to contribute to the training of professionals in the area of buildings, who are concerned about the future of the planet. The methodology used was the action research, defined from studies on the importance of drinking water economy and the consequences caused due to its infiltration in the soil, together with the buildings, directly affecting its stability. We used bibliographic research and documentary research at work. As a result, using only five equipments with a capacity of 8,000 BTUs, it was possible to use approximately 3,000 liters of water in 22 days (equivalent to one month), already considering evaporative losses, being possible to supply the cistern of the institution in the periods of lesser rainfall, giving greater savings in the consumption of treated inputs, as well as a protection against accidents, eliminating the presence of humidity on the sidewalks, as well as providing greater stability to the building, reducing the presence of water near the base of the massif.

Keywords: Water. Reuse. Air coolers. Sustainability. Environmental education.

EL REÚSO DEL AGUA GENERADA POR CLIMATIZADORES PARA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS A PARTIR DE UNA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN EN UNA INSTITUCIÓN PÚBLICA DE ENSEÑANZA

RESUMEN

El reúso del agua ha sido tratado como una de las salidas para los déficits hídricos a los que las ciudades y sus ciudadanos están sujetos, en los últimos años, y en el futuro. Así, el objetivo general de la presente investigación fue promover acciones sostenibles de cuidado y reutilización del agua, y reflexionar sobre políticas ambientales para contribuir en la formación de profesionales en el área de edificaciones, que estén preocupados por el futuro del planeta. La metodología utilizada fue la investigación-acción, definida a partir de estudios sobre la importancia de la economía de agua potable y de las consecuencias ocasionadas debido a su infiltración en el suelo, junto a las edificaciones, afectando directamente a su estabilidad. Se utilizó la investigación bibliográfica y la investigación documental en el trabajo. Como resultado, utilizando sólo cinco equipos con capacidad de 8.000 BTU's, se obtuvo el aprovechamiento de aproximadamente 3.000 litros de agua, en 22 días (equivalente a un mes), ya considerando las pérdidas por evaporación, siendo posible abastecer la cisterna de la institución en los períodos de menor incidencia pluvial midiendo mayor economía en cuanto al consumo de insumos tratados, así como una protección contra accidentes, eliminando la presencia de humedad en las aceras, además de proporcionar mayor estabilidad a la edificación reduciendo la presencia de agua junto a las bases de la del macizo.

Palabras clave: Agua. Reutilización. Acondicionadores de aire. Sostenibilidad. Educación ambiental.



INTRODUÇÃO

Na sociedade contemporânea praticamente todos os processos envoltos a agricultura, industrialização e demais na rotina dos cidadãos utilizam, direta ou indiretamente, os recursos hídricos. Cada vez mais são observadas iniciativas para adoção de práticas e processos ambientalmente sustentáveis, levando em conta a continuidade da vida no planeta, preservando os suprimentos existentes e minimizando os volumes de efluentes gerados (Lemos, Fagundes, & Scherer, 2011).

Estima-se que o quadro de déficit hídrico existente seja expandido nas próximas décadas (FIESP/CIESP, 2004) e, em função destas previsões, faz-se necessário uma mudança no comportamento e atitude dos cidadãos para a preservação destes recursos finitos (Macêdo, 2007).

Para tanto, o objetivo da presente pesquisa, foi promover ações sustentáveis de cuidado e reutilização da água, por meio do estímulo ao uso consciente da água proveniente da reutilização desse material, por meio dos aparelhos climatizadores, a fim de reduzir o uso da água potável para fins de limpeza, sanitários e jardinagem. Assim como impedir a presença constante da umidade na base das edificações para proteger o sistema de fundações das mesmas, preservando sua integridade, eliminando o efeito de carreamento das partículas de solo promovido pela infiltração da água, e também eliminar a umidade nas calçadas no entorno dos prédios para minimizar os riscos de acidentes.

Nesse ímpeto, justifica-se o estudo o fato das calçadas no entorno das edificações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha [IFFAR], campus Santa Rosa – RS, apresentavam-se constantemente úmidas, devido ao gotejamento de água dos aparelhos climatizadores de ar. A partir desta situação, os alunos do primeiro ano do Ensino Médio do Curso Técnico em Edificação –

modalidade Integrada⁵ [EDI T6] realizaram dois questionamentos: 1) como aproveitar a água deste gotejamento e contribuir para a preservação do meio ambiente? e 2) como a constante umidade observada pode interferir na segurança e estabilidade das edificações? O problema não se centra apenas no desperdício de água, pois, além disso, a constante umidade nas calçadas deixa-as escorregadias, podendo causar acidentes devido à falta de atrito/adherência (escorregões).

Constatou-se que a infiltração de água junto à base das edificações pode causar patologias relacionadas a estabilidade dos maciços, ocasionados pelo carreamento das partículas de solo e causar recalques nas fundações, bem como o desplacamento das camadas de revestimento no entorno, trincas, fissuras, entre outros. Dessa forma, para sanar a problemática descrita anteriormente, o presente artigo apresenta os procedimentos tomados pela turma EDI T6 junto aos equipamentos climatizadores da instituição em estudo. Destaca-se que uma versão preliminar desta pesquisa foi apresentada no 5º Fórum Internacional Ecoinovar, na Universidade Federal de Santa Maria [UFSM], em 2016.

Referencial Teórico

O referencial teórico tem o objetivo de expor os conceitos e teorias a respeito do tema central da pesquisa, sendo que neste caso em específico serão tratados a educação (como forma de ensinar e aprender), bem como a educação ambiental e, sobre a ação da água no solo, conforme segue.

⁵ Cursos integrados são oferecidos para os concluintes do ensino fundamental e para o público da educação de jovens e adultos (inciso I, art. 7º, Lei 11.892, de 29 de dezembro de 2008). Os alunos cursam o Ensino Médio juntamente com o curso técnico.



Educação: o ensinar e o aprender

Hoje, as instituições de ensino necessitam de maior intercâmbio social na vida dos alunos, permitindo que estes tornem-se, além de convedores de determinados conceitos, melhores cidadãos, fazendo com que sua atuação seja significativa para a comunidade na qual está inserida. Inclusive, (Reis, 1999) observa sobre a necessidade das escolas em oferecer uma formação cidadã que atenda, entre outros objetivos, um desenvolvimento cognitivo, social, político, moral e ético dos cidadãos (discentes).

Em um contexto internacional, igualmente, constata-se a tendência de considerar, conforme afirma (Hodson, 2003), a importância da promoção de uma educação científica que deve estar preocupada em politizar os estudantes e construir o saber, de forma que, não deva abordar apenas sobre a cidadania, mas para a cidadania. Além do que, o saber constitui um processo de análise complexo, que envolve incontáveis variáveis, dependentes ou não entre si, que concebe objetos e eventos imprescindíveis a constituição do ser humano (Mezirow, 1981).

Essas lacunas do ensino vêm sendo observadas por diversos autores como Duso e Maestrelli (2013), Miquelin, Saavedra e Conceição (2014), Macedo e Silva (2014), os quais acreditam que para ter cidadãos críticos perante a sociedade é preciso que no ambiente escolar sejam abordados temas, situações e/ou questões que se relacionem com a vida extra escolar. Os autores defendem que é necessário contextualizar os conteúdos, o que representa em uma aprendizagem mais significativa para os estudantes.

Diante da atual realidade vivenciada nas escolas Brito, Souza e Freitas (2008), consideram que o ensinar e o aprender estão baseados nas concepções de mundo e de ciência, mas em geral não mostram sua utilidade social, não explicam suas conexões com os problemas reais, ficando exposto apenas, como uma concepção positivista, em

que o conhecimento é tido como acabado e sem "raízes", sendo assim, descontextualizado.

Assim, conforme Duso e Maestrelli (2013), é preciso integrar os conteúdos à vida dos alunos, com o propósito de fornecer meios para que eles possam compreender de forma crítica o mundo que os cerca. Os autores dizem, ainda, que a escola deve promover uma educação científica que divulgue os avanços das Ciências, pois além da necessidade é um dever social, sendo imprescindível que se transmita para os estudantes uma ciência mais atual, histórica, social crítica e humana.

Ao refletir sobre os contextos históricos envolvidos nos processos de desenvolvimento da educação, percebe-se uma relação que caracteriza o ensinar e o aprender passando pelos vínculos pessoais, considerando-se como início, o meio familiar, passando pelos grupos comunitários, religiosos até a escola se fixar como ambiente de ensino. Portanto, pode-se afirmar que é o vínculo afetivo que vai dar suporte ao processo inicial de aprendizagem. Conforme Wallon (1978), seu status é fundamental nos primeiros meses de vida, determinando a sobrevivência, sendo que no decorrer do desenvolvimento, os vínculos afetivos vão ampliando-se e começa aparecer à figura do professor com forte relação no que se refere ao ensino e aprendizagem durante o período escolar. Para aprender, necessitam-se dois personagens (ensinante e aprendente) e um vínculo que se estabelece entre ambos. (...) Não aprendemos de qualquer um, aprendemos daquele a quem outorgamos confiança e direito de ensinar (Fernández, 1991, pp. 47-52).

Dessa maneira, a instituição escolar representa o espelho do contexto social e econômico a que pertence. E, ao levar em conta "determinado tipo de conteúdo a ser ensinado ou método para facilitar esse processo" (Aranha, 1996, p. 74), a escola não somente difunde conhecimentos intelectuais, como também transmite valores



moraes, regras de comportamento, modos de pensar, os quais estão escondidos nas atuações pedagógicas.

A partir dos progressos socioeconômicos, existiu a necessidade "da escola como instrumento de transmissão do saber acumulado, embora restrito a alguns" (Aranha, 1996, p. 72) adequar uma educação sistematizada, onde os componentes considerados eficazes para transmissão às pessoas são submetidos a uma seleção por profissionais especializados e determinados para estarem exercendo cargos específicos (Oliveira, 2001).

Educação ambiental

Os debates e grandes conferências relacionadas às questões ambientais expressam a necessidade de colocar em prática uma educação ambiental contextualizada, que contribua para uma nova visão de mundo que supere o antropocentrismo presente em nossa cultura. Porém, apesar do empenho, de maneira intencional ou não, esta dimensão da educação não tem avançado.

Uma contribuição importante para esta discussão da Educação Ambiental atual é dada por Leff (2011, p. 249), quando ele afirma que esta foi "reduzida a um processo geral de conscientização dos cidadãos", a partir da incorporação de conteúdos meramente ecológicos e fragmentados. Assim, trabalha-se com a fragmentação do 'saber ambiental' que o torna reduzido a uma breve capacitação sobre problemas pontuais.

Ramos (2006, p. 104) compartilha da mesma opinião quando fala que a Educação ambiental deveria ser trabalhada a partir da "compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspectos ecológicos, psicológicos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos", observa-se em documentos oficiais apenas a preocupação em enfatizar conteúdos ecológicos.

Assim, a Educação Ambiental ideal deve buscar a interação entre os diversos aspectos que tratam da questão ambiental

(econômico, social, tecnológico, político), pois, devido ao caráter sistêmico e global do ambiente, não é possível trabalhar cada um deles isoladamente (Santos & Sato, 2003).

Para que a Educação Ambiental ocorra de maneira efetiva, é preciso compreender como o ser humano integra o ambiente.

A natureza pela natureza não faz parte da vida e das preocupações do homem. Ela só entra nos seus planos enquanto um processo metabólico no qual a natureza é incorporada como dado essencial à reprodução dos homens enquanto seres vivos e esta reprodução incorpora por sua vez conteúdo social à natureza. Em geografia falamos de socialização da natureza, para referir a esse processo de incorporação recíproca na qual a natureza é transformada na sociedade na mesma medida em que a sociedade é transformada em natureza. E o metabolismo cresce em significado histórico-estrutural (Moreira, 2009, p. 13).

Além de compreender a 'socialização da natureza', há outras relações que devem ser analisadas. As relações sociais humanas e a chamada relação ser humano – natureza, também tem uma fundamentação físico-biológica que precisa ser conhecida:

No interior da relação metabólica homem e natureza relacionam-se a partir das relações que os homens estabelecem entre si mesmos, de tal modo que é o conteúdo social da relação homem-homem que passa a orientar a relação homem-natureza, assim se passando um conteúdo social para a natureza. É neste entrecruzamento que a lei natural deixa de reger sozinha o processo ecológico, já que as leis sociais que regulam as relações entre os homens através do metabolismo também passam a regê-lo, lei natural e lei social se entrelaçando e se fundindo na dinâmica global do metabolismo. [...]. De modo que na relação ecológica não existe uma relação física ou social pura e simples



entre o homem e a natureza. Somos parte dela do ponto de vista orgânico da evolução enquanto seres animais, e por isto todo homem precisa alimentar-se, vestir-se e habitar, o que só se obtém através do intercâmbio metabólico (Moreira, 2009, p. 13).

Dessa forma, a educação ambiental tem papel transformador, em vista de destacar um conjunto de transformações nas perceptivas teóricas e curriculares, motivando e gestando a mudança de comportamento (Kayes, 2002).

Assim o trabalho desenvolvido no projeto “Água para a Vida” mostrou a integração com o meio ambiente e não a fragmentação. Pensou-se nos benefícios ambientais, sociais e econômicos, pois considerou-se a economia de água potável e o aproveitamento da água dos climatizadores de ar e a preservação das estruturas edificadas para o uso humano, o que consequentemente gerou economia no valor da conta de água, redução quanto a manutenção das edificações e a concretização de um trabalho de educação ambiental, que muitas vezes fica apenas na teoria.

Recalque

Para Rebello (2008), a existência de água no solo é um princípio favorável, pois, diminui a tensão aplicada ao solo. Porém, a água sob pressão, pode ser expulsa para regiões de menor pressão no solo, o que certamente tende a provocar vazios, levando ao recalque das fundações.

Para Hachich, Falconi, Saes, Frota, Carvalho e Niyama (1998), a percolação de água nos solos é responsável pela frequência de recalques devido à diminuição dos vazios do solo, que ocorre pela expulsão da água, influenciando na estabilidade das edificações, porque da tensão efetiva a qual comanda o comportamento do solo, depende a pressão neutra da água que percola pelos capilares. Segundo Rebello (2008), recalque é a deformação do solo quando submetido a

cargas, provocando movimentação nas fundações que, dependendo da sua intensidade, pode acabar por proporcionar sérios danos à estrutura.

De acordo com Caputo (1998), traçam-se também as curvas tempo/recalque para cada um dos estágios de carregamento. Essas curvas permitem a determinação do coeficiente de adensamento e permeabilidade dos solos, onde a água presente no solo das fundações tende a proporcionar o recalque das mesmas.

A deformação por adensamento (recalque), ocorre devido a diminuição no volume aparente do maciço de solo, causada pelo preenchimento dos vazios antes ocupados pela água, expulsa em função da carga de pressão sobre a fundação aplicada ao solo. Classificam-se como recalques lentos, quando trata-se de argila, devido ao seu baixo coeficiente de permeabilidade (Caputo, 2012). Já para Rebello (2008), o recalque por adensamento, pode ser estabilizado quando toda a água entre os grãos de solo é expulsa, não havendo mais diminuição no volume do solo.

Destaca-se ainda que o bombeamento da água existente no interior do solo, consiste em rebaixar o nível do lençol freático. Esse procedimento tem por objetivo tornar possível a execução de fundações ou de garagens em subsolos de edifícios (Rebello, 2008). Ainda segundo o mesmo autor, o rebaixamento do lençol freático produz diminuição na pressão neutra (de baixo para cima), provocando aumento da pressão efetiva (peso do solo) e, dessa maneira, ocorre um aumento de pressão sobre o solo, o que tende a provocar recalques sem a necessidade de haver aumento na carga sobre a fundação (Rebello, 2008).

Com as infiltrações de água junto às fundações diretas, o solo sob as mesmas acabam sendo carreados e provocando vazios, impedindo a transmissão adequada das cargas ao solo (Rebello, 2008). A presença de infiltração de água no solo, principalmente junto às fundações, afeta o



comportamento dos solos colapsíveis⁶ e expansíveis, causando danos às mesmas.

Ainda, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT], na NBR 6122, de 20 de setembro de 2010, a presença de água nas fundações é prejudicial à estabilidade do maciço. Por estes motivos, de acordo com Hachich, Falconi, Saes, Frota, Carvalho e Niyama (1998), deve-se verificar o potencial de instabilidade hidráulica dos solos, provocado pela passagem de água, causando o carreamento das partículas, de maneira que, evitando a presença da mesma nas fundações, aumenta-se a vida útil dos maciços edificados.

Recursos hídricos

É notório que a concentração de água no planeta é desigual, sendo que 97% dos $1,4 \times 10^{18}$ metros cúbicos existentes encontram-se nos oceanos, o restante divide-se entre as águas contidas nas geleiras, em aquíferos subterrâneos, rios, lagos, entre outros (Shiklomanov & Rodda, 2004). E desse total, apenas 0,3% é encontrada em rios, lagos e reservatórios, com maior acessibilidade para a humanidade.

Essa parcela de água é utilizada em diversas operações inerentes à manutenção da vida no planeta, tanto para a produção de alimentos e abastecimento populacional, quanto para a produção de energia. O setor elétrico mundial, apontam Van Vliet, Wiberg, Leduc e Riahi (2016), depende diretamente do fornecimento de água, em vista desse recurso ser o fator preponderante da produção de energia hidrelétrica, bem como das termelétricas (com nucleares, de combustíveis fósseis ou geotérmico), através do resfriamento dos reatores.

Quanto à produção alimentícia, os recursos hídricos são necessários para a germinação de produção dos grãos. O arroz

e o algodão, por exemplo, são duas culturas que exigem uma quantidade de água armazenada considerável, seja por meios naturais (chuvas constantes, reservatórios naturais, rios, vargem), ou de forma mecânica (irrigação mecanizada) (Dijk, Beck, Crosbie, Jeu, Liu, Podger, Timbal, & Viney, 2013).

Estudos apontam que o aquecimento global tem afetado significativamente os ciclos naturais de chuvas e provocando variabilidades climáticas não calculadas, causando impactos importantes sobre os recursos hídricos e, consequentemente, na produção mundial de alimentos (Ahmad, El-Shafie, Razali, & Mohamad, 2014). As intervenções humanas impactam, dessa forma, diretamente no ciclo da água e, consequentemente, na sua disponibilidade e capacidade de atender às demandas atuais e emergentes, conforme Haddeland, Heinke, Biemans, Eisner, Flörke, Hanasaki, Konzmann, Ludwig, Masaki, Schewe, Stacke, Tessler, Wada e Wisser, (2014), ocorrendo através de barragens, hidrelétricas ou outras modelagens hidrológicas.

Portanto, uma das principais tarefas da gestão de recursos hídricos é fornecer, de forma consciente e otimizada, para as pessoas e para o mercado, água suficiente para atender as demandas, afetando minimamente o modo de vida e, proteger de possíveis catástrofes relacionadas à água (Ahmad, El-Shafie, Razali, & Mohamad, 2014; Van Vliet, Wiberg, Leduc, & Riahi, 2016). Sendo que o uso adequado dos recursos hídricos atinge positivamente o modo de vida humano e sua relação com a natureza, gerando ações sustentáveis a todos os envolvidos (Dixon, Butler, & Fewkes, 1999).

Isso ocorre porque, por mais que água seja considerada um recurso renovável, sua disponibilidade é finita e depende diretamente das condições climáticas e dos ciclos naturais de precipitações (Shiklomanov & Rodda, 2004). Outros fatores limitam a disponibilidade de recursos hídricos, entre eles estão as diferenças de taxas de evaporação, chuvas, temperatura, redução de volume” (Teixeira, 1993, p. 5).

⁶ Um solo colapsável é o que apresenta “estrutura metaestável, com baixo grau de saturação e que, por efeito de molhagem e/ou de carregamento (sobrecarga ou peso próprio) é conduzido a um radical rearranjo de partículas, acarretando sensível redução de volume” (Teixeira, 1993, p. 5).



tipos de vegetação e desmatamento, além das dificuldades na distribuição entre os setores sociais (industrial, agrícola e urbano) e a natureza (Pimentel, Berger, Filiberto, Newton, Wolfe, Karabinakis, Clark, Poon, Abbert & Nandagopal, 2004).

Oki e Kanae (2006) apontam que os efeitos das mudanças climáticas nos ciclos hidrológicos são incertos, mas as mudanças climáticas tendem a transformar o modo como ocorrem as precipitações pluviométricas, os ciclos das geleiras e demais fatores, causando mudanças drásticas no modo de vida humano, exigindo nova postura e atuação na gestão dos recursos hídricos.

Metodologia

A metodologia tem por foco organizar a forma como a pesquisa é conduzida através dos processos envoltos ao objeto investigado. Nessa linha, segundo Gil (2010) busca-se classificar a pesquisa, pois elas se referem aos mais diversos objetos e perseguem objetivos diferentes. A seguir serão apresentadas as respectivas classificações, bem como a maneira como se deu a pesquisa, dentro dos aspectos metodológicos.

Delineamentos da pesquisa

A pesquisa foi classificada como exploratória, uma vez que procurou-se, com sua aplicação, entender as questões relacionadas a reutilização de água proveniente do funcionamento dos climatizadores localizados no IFFAR - campus de Santa Rosa - RS. Isso fica evidente quando Gil (2010) conceitua pesquisa exploratória como aquela que visa aprofundar-se no entendimento de um ou vários objetos de pesquisa.

Quanto ao delineamento, Gil (2010) afirma que as pesquisas acadêmicas podem assumir diferentes formas, como por exemplo: pesquisa bibliográfica, documental, estudo de caso, pesquisa-ação, pesquisa participante, entre outras. No

presente estudo, utilizou-se a pesquisa bibliográfica, quando buscou-se o referencial teórico junto a livros, *journals*, artigos, e outras publicações pertinentes e importantes para esta construção, assim como a pesquisa documental, uma vez que foram utilizados documentos do IFFAR para que fosse possível escrever o item 4 deste artigo, como por exemplo, contas de fornecimento de água, plantas arquitetônicas, hidrossanitárias e de instalação dos climatizadores.

No entanto, destaca-se que o principal delineamento utilizado foi a pesquisa-ação, que segundo Thiollent (2011), é aquela pesquisa onde os pesquisadores fazem parte do objeto estudado, fazendo com que os problemas e as soluções emergam da população ou grupo pertencente ao ambiente onde se desenvolve a pesquisa, com objetivo de resolver ou esclarecer os problemas situacionais, o que deverá resultar em uma ordenação dos problemas a serem resolvidos, bem como suas soluções.

Segundo Franco (2005, p. 489), a pesquisa-ação deve acontecer “em ambientes onde acontecem as próprias práticas” e para Dresch, Lacerda e Antunes (2015, p. 25), “pressupõem-se a cooperação e o envolvimento entre os pesquisadores e os integrantes do sistema que está sendo utilizado”, o que deve acontecer em diversos momentos da pesquisa (Gil, 2010).

Contudo, a pesquisa-ação requer uma espécie de roteiro para organizar sua execução, mas conforme escreve Thiollent (2003, p. 47), “naturalmente (este roteiro), não deve ser visto como sendo exaustivo ou como o único possível. Em cada situação, os pesquisadores, juntos com os demais participantes, precisam redefinir tudo o que eles podem fazer”.

Estas fases compreendem, segundo Thiollent (2011), principalmente: a exploratória, na qual busca-se descobrir o campo de pesquisa e quais os interessados na mesma, desenvolvendo o diagnóstico da situação e dos problemas; a fase principal,



em que é definido o direcionamento para a investigação, utilizando-se, grupos de estudos e/ou coletas de dados que possam gerar decisões, propostas, conhecimento e informação, sendo que, nesta fase deverão ser elaborados os problemas a serem resolvidos com a pesquisa, buscando-se as soluções e as propostas de ação para tal resultado; a fase da ação, que consiste em executar as ações planejadas, tornando o objeto de análise concreto, avaliando os resultados alcançados, verificando se estes alcançaram os objetivos da pesquisa; e a fase da divulgação, onde deve-se divulgar as informações externamente em diferentes setores interessados, como congressos, conferências, livros, entre outros que surgirem como interesse do pesquisador.

Destaca-se que, apesar de serem citadas estas fases, o autor define que são obrigatórias a fase exploratória (primeira) e a fase de divulgação externa (última), sendo que as fases intermediárias devem ser utilizadas “em função das circunstâncias e da dinâmica interna do grupo de pesquisadores no seu relacionamento com a situação investigada” (Thiollent, 2011, p. 47).

Assim, a seguir são demonstradas as fases e suas respectivas caracterizações e ações executadas durante a pesquisa (Quadro 1), sendo que estas fases aconteceram e se repetiram sem uma ordem engessada ou pré-determinada, conforme a teoria relacionada a este delineamento propõe.

Quadro 1 – Fases da pesquisa-ação aplicada

FASES	MECANISMOS DE CONTROLE E EXECUÇÃO DE ATIVIDADES
Fase exploratória	<ul style="list-style-type: none">- Atores diretos: pesquisadores;- Atores indiretos: discentes da turma EDI T6;- Métodos empregados: utilizou-se pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, reuniões.- Atividades executadas:<ol style="list-style-type: none">a) Os discentes da turma EDI T6 foram reunidos para relatar problemas relacionados ao tema água, que estivessem ocorrendo dentro da instituição;b) A partir desta reunião inicial, definiu-se o objetivo da pesquisa e o problema a ser resolvido (vide introdução);c) Também foram definidos os atores diretos e indiretos;d) Ainda foi construído o cronograma de atividades, bem como o envolvimento dos integrantes da pesquisa.
Fase de formulação do problema	<ul style="list-style-type: none">- Atores diretos: pesquisadores;- Atores indiretos: discentes da turma EDI T6;- Métodos empregados: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, reuniões;- Atividades executadas:<p>Foram efetuados estudos a respeito da possibilidade de utilização da água em atividades não relacionadas ao consumo humano, uma vez que o escopo da pesquisa não inclui o seu tratamento. Assim, definiram-se os problemas:</p><ol style="list-style-type: none">1) como aproveitar a água proveniente do funcionamento dos climatizadores de ar, contribuindo para a preservação do meio ambiente?2) como a constante umidade nas calçadas circundantes das edificações, pode interferir na segurança e estabilidade das mesmas?
Seminários	<ul style="list-style-type: none">- Atores diretos: pesquisador;- Atores indiretos: discentes da turma EDI T6;- Métodos empregados: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, reuniões;- Atividades executadas: realizaram-se reuniões para discussões a respeito de diversos assuntos, realizadas em diferentes momentos e permeadas por conteúdos relacionados às disciplinas de formação técnica como: solos, fundações, estruturas, materiais, alvenaria, meio ambiente, segurança, entre outros. Destacaram-se os seguintes seminários:<ol style="list-style-type: none">a) reunião para definir quais materiais seriam utilizados (industrializados, reutilizados ou, reciclados);



	<p>b) reunião para organização da coleta, limpeza dos materiais; c) reunião para montagem dos componentes de coleta da água; d) reunião para coleta de dados; e) reunião para instalação do sistema; f) reunião para avaliação pós instalação do sistema; g) reunião para escrita de relatório técnico para as disciplinas: materiais e técnicas construtivas I; máquinas, equipamentos, ferramentas e segurança no trabalho; h) reunião de apresentação do projeto.</p>
Coleta de dados	<p>- Atores diretos: pesquisador; - Atores indiretos: discentes da turma EDI T6; - Métodos empregados: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, reuniões e, práticas; - Atividades executadas: a) primeiramente, realizou-se uma coleta de água em um dos aparelhos climatizadores, como forma de quantificar o volume produzido (por dia?, por mês, por hora? Quantas coletas foram feitas? Quantos Climatizadores? e, assim, entender se a realização da pesquisa seria pertinente; b) coletaram-se dados bibliográficos relacionados às possíveis patologias causadas em função da presença de água constante junto à base das edificações; c) realizou-se coleta de dados junto às plantas baixa relacionadas ao sistema pluvial das edificações, capacidade de armazenamento e, canalizações existentes.</p>
Fase de ação	<p>- Atores diretos: pesquisador; - Atores indiretos: discentes da turma EDI T6; - Métodos empregados: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, reuniões e, práticas; - Atividades executadas: a) A partir da medição do volume de água produzido pelos equipamentos, verificou-se que além das possíveis patologias no maciço, também acontecia proliferação de limo nas calçadas, podendo causar problemas de saúde e segurança aos usuários; b) Definiu-se um método para ligação do sistema de coleta com o pluvial existente; c) procedeu-se a fixação dos coletores, conexão dos climatizadores de ar e, ligação dos mesmos a rede pluvial; d) realizaram-se medições ao final da rede pluvial (na entrada da cisterna), a fim de quantificar o volume coletado, considerando as perdas por evaporação/infiltração.</p>
Fase de divulgação externa	<p>- Atores diretos: pesquisador; - Atores indiretos: discentes da turma EDI T6; - Métodos empregados: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, reuniões e, práticas; - Atividades desenvolvidas: a presente pesquisa foi divulgada: a) em nível institucional; b) no site da instituição; c) em evento municipal; d) neste artigo científico.</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Área de estudo

O referido projeto de coleta de água dos climatizadores de ar foi desenvolvido no IFFAR, situado a Rua Uruguai, nº 1675, Bairro Central, Santa Rosa, RS. O Campus Santa Rosa iniciou suas atividades de ensino com a posse dos primeiros servidores docentes e técnicos administrativos no dia 26 de janeiro de 2010 sendo que, o próprio Instituto Federal Farroupilha foi constituído

apenas dois anos antes em 2008 pela Lei n. 11.892, de 29 de dezembro de 2008. O referido campus é classificado entre as 1.000 melhores instituições de ensino do país no ENEM 2015 (Moreno, 2016), e possui dois cursos de ensino superior avaliador pelo MEC com notas 4 e 5, para a Licenciatura em Matemática e para o Bacharelado em Administração, respectivamente.

Atualmente, o Campus conta com aproximadamente 1.200 alunos, 60 docentes



efetivos, 50 Técnicos Administrativos, os quais atuam para que 4 cursos de graduação (4 turmas na Administração, 4 na Matemática, 2 na Arquitetura / Urbanismo e 2 na Biologia) e 6 cursos técnicos (6 turmas do integrado, 12 do subsequente, 3 do Projeja, e 4 cursos EAD), aconteçam em três turnos de atividades de ensino.

Resultados e Discussões

Em meio a poluição do meio ambiente enfatizada diariamente nos meios de comunicação, busca-se cada vez mais alternativas de racionalizar o uso de recursos hídricos (Macêdo, 2007), considerados escassos no mundo todo.

No entanto, para que isso aconteça, é necessário que pesquisas científicas relacionadas a esta temática sejam desenvolvidas. Este trabalho procurou tratar da reutilização da água gerada a partir do funcionamento de climatizadores de ar, buscando-se, além da racionalização deste recurso, a prevenção de problemas de recalque nas fundações e também, de segurança aos transeuntes das calçadas, já que o gotejamento dos aparelhos na mesma provocava o acúmulo de limo, tornando perigoso o tráfego no local. Não obstante, para chegar aos resultados almejados, seguiram-se as fases planejadas na metodologia, conforme segue.

Fase exploratória - situação prévia do sistema

No período de estudo, a instituição possuía cerca de 80 aparelhos climatizadores distribuídos pelos oito prédios do campus (sendo um administrativo, três pedagógicos, uma biblioteca, um refeitório, um prédio para laboratórios e um ginásio poliesportivo com salas de aula em anexo). Os equipamentos funcionavam aproximadamente 14h por dia, considerando 22 dias de funcionamento por mês, por 5 meses.

Quanto ao sistema hidráulico, parte destas instalações estão ligadas a uma cisterna construída para armazenamento das

águas pluviais, sendo estas captadas dos telhados de quatro, dos oito prédios existentes.

O sistema de armazenamento foi construído com capacidade para armazenar cerca de 124.000 litros, dos quais 50.000 litros são utilizados nos banheiros, especificamente nas caixas de descarga das bacias sanitárias das edificações contribuintes e também para outras atividades de limpeza e manutenção.

O volume restante é destinado às instalações de combate à incêndios, distribuídas nas edificações existentes na instituição. Em média (de acordo com dados de 2015), conforme controle administrativo, a instituição consome em torno de 480 m³/mês, volume proveniente de abastecimento público fornecido pela concessionária local [CORSAN] e, possivelmente, de alguma quantidade armazenada pelas chuvas, as quais não são medidas até o momento. Durante as visitas *in loco* foi possível verificar que o constante gotejamento da água proveniente do funcionamento dos aparelhos climatizadores de ar estava criando um ambiente propício para o estabelecimento de fungos e bactérias (limo), os quais se acumulavam nas calçadas no entorno dos prédios. Ainda, o excesso de água no solo, conforme já destacado anteriormente por Rebello (2008), pode causar problemas estruturais provenientes de possíveis recalques.

Fase de exploração do problema

Percebeu-se, que a quantidade de água produzida em cada um dos aparelhos ao longo do dia era considerável de forma a instigar os alunos e docentes aos questionamentos: 1) como aproveitar esta água nas atividades cotidianas e ao mesmo tempo contribuir para a preservação do meio ambiente?; e (2) como a constante umidade observada nas calçadas circundantes das edificações pode interferir na segurança e estabilidade das mesmas?

Pelo fato da instituição possuir cerca de sessenta aparelhos climatizadores instalados nos três prédios contribuintes



(objeto de estudo), que ficam ligados por um período médio de 14 horas diárias, em aproximadamente 22 dias por mês, por um período anual em torno de 5 meses, os alunos sentiram a necessidade de quantificar o volume de água desperdiçado e propor o armazenamento da mesma para os demais usos como limpeza das áreas de convivência, como também nos sanitários (considerando já existirem instalações para este fim, aumentando o volume de água reaproveitada). Para isso, considerou-se que a quantidade liberada pelos climatizadores varia de acordo com a potência do aparelho, o tempo de funcionamento e o clima da região, sendo que, em climas mais úmidos, os climatizadores condensam maior quantidade de água.

O projeto desenvolvido a partir das observações de campo e coleta de dados sobre a quantidade de água liberada pelo sistema

De forma a tentar minimizar os possíveis problemas causados nas instalações físicas pela água liberada no climatizadores e conscientizar os alunos sobre a importância do reúso de água para a preservação do meio ambiente, o projeto desenvolvido consistiu na implantação de um sistema de captação e canalização da água produzida pelos climatizadores de ar

para a cisterna da instituição, mantendo um volume constante neste reservatório, permitindo o abastecimento normal de maneira reduzida, quanto ao volume de água fornecida pela CORSAN. Para o desenvolvimento do projeto foram desenvolvidos seminários sobre os temas: solos, fundações, estruturas, materiais, alvenaria, meio ambiente, segurança, entre outros. A partir dos seminários, estipulou-se quais materiais seriam utilizados (industrializados, reutilizados ou, reciclados), como seria a coleta e limpeza dos materiais e os componentes de coleta da água. Antes da implantação do sistema foi realizada a canalização da saída de um dos climatizadores utilizando-se uma mangueira de nível (Figura 1), diretamente para uma garrafa PET, como forma de quantificar o volume de água gerado dentro de um determinado período.

Em 30 minutos cronometrados, o funcionamento do equipamento climatizador de ar de 18.000 BTU's gerou dois litros de água, enquanto que o de 8.000 BTU's precisou de 60 minutos para atingir o mesmo volume, ambas as medições elaboradas, simultaneamente, sob as mesmas condições climáticas e com os equipamentos regulados à mesma temperatura, medidos a partir de uma garrafa PET reutilizada para este fim, como demonstra a Figura 2.

Figura 1 – Instalação da mangueira de nível



Figura 2 – Captação da água para quantificação de volume



Fonte: Dados da pesquisa (2015).



Após verificação do volume gerado, quantidade de equipamentos e capacidade de abastecimento, passou-se a separação dos materiais para implantação do projeto, sendo que, foram utilizados para o direcionamento das águas: garrafas PET de 2 litros, cola quente, grampos, tubulação de Policloreto de

vinila [PVC] para rede de esgoto diâmetro 50 mm, buchas e parafusos, considerando que a instituição já possui cisterna para armazenamento das águas pluviais, estas são canalizadas na rede subterrânea que conduzem a precipitação até o reservatório.

Figura 3– Fixação das tubulações verticais e conexões, com a tubulação horizontal.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Definiu-se a captação e direcionamento da água através da canalização, já existente de direcionamento de águas pluviais, até a cisterna. A captação foi feita por intermédio de uma mangueira flexível transparente ligada na saída do equipamento gerador até a tubulação de queda, esta confeccionada com garrafas PET acopladas, como observa-se na Figura 3.

O direcionamento para a canalização pluvial existente foi realizado através da instalação de tubulação horizontal de PVC branco (esgoto) diâmetro de 50 mm, recebendo conexões tipo “Tê” posicionadas a cada interseção para receber as tubulações de queda. O projeto piloto foi instalado em uma das faces do prédio administrativo da instituição mencionada anteriormente, como apresenta a Figura 4.

Figura 4 – Projeto piloto instalado em meia face de uma das edificações da instituição



Fonte: Dados da pesquisa (2015).



Desta maneira, foi possível observar o funcionamento do sistema, e posteriormente, partir para as generalizações do projeto piloto para o restante dos equipamentos da instituição, conforme descrito a seguir.

Fase de ação - resultados pós implantação

Como resultado inicial, utilizando apenas cinco equipamentos com capacidade de 8.000 BTU's, obteve-se o aproveitamento de aproximadamente 3.000 litros de água em 22 dias (o equivalente a um mês), já considerando as perdas por evaporação. O volume foi medido em período de estiagem, sendo possível coletar apenas as águas geradas pelos aparelhos climatizadores ao desaguar na cisterna da instituição.

Replicando o resultado obtido pelo número de aparelhos instalados junto às edificações (3 unidades) da instituição, foi possível constatar a capacidade de coleta de 28 litros de água por aparelho por dia. Sendo um total de 60 equipamentos, são 1.680 litros de água por dia, considerando 22 dias úteis por mês, teremos 36.960 litros de água ao mês para abastecer uma cisterna com capacidade de suporte de 124.000 litros, ou seja, somente com o volume de captação em três meses e meio, é possível completar e transbordar toda a capacidade da cisterna sem a contribuição de precipitações.

Considerando-se que, os climatizadores são utilizados diariamente por aproximadamente 5 meses, somente com eles seria possível armazenar cerca de 184.800 litros de água, significando uma autonomia de um mês e meio sem a incidência de chuvas para o abastecimento da cisterna.

Quanto à segurança das calçadas localizadas ao redor do prédio, foi possível verificar que, a partir da correta coleta e condução da água proveniente dos equipamentos de climatização, cessaram as formações de limo, sendo possível transitar

novamente nestes espaços em perfeita segurança para os usuários destas áreas.

Destaca-se que, quanto aos problemas de recalque nas fundações, estes foram tratados como possíveis, a partir do gotejamento e do excesso de água no solo próximo as paredes dos prédios, sem a realização de um diagnóstico das fundações, entendendo-se que a ação de canalização da água possibilitou a prevenção de problemas deste tipo. Assim, ao interromper o gotejamento nestes espaços específicos, eliminaram-se os riscos de recalque nas fundações dos prédios.

Divulgação dos resultados

Os resultados alcançados neste estudo foram apresentados à comunidade acadêmica do campus por meio de apresentações orais no qual foram destacados a redução do consumo de água, a reutilização de materiais que seriam descartados, a melhoria da segurança para os transeuntes e a prevenção de problemas relacionados a estrutura dos prédios.

Para a comunidade externa ao instituto, a apresentação dos resultados aconteceu através da publicação da pesquisa no evento Ecoinovar, na Universidade Federal de Santa Maria, bem como na Mostra da Educação Profissional e Tecnológica, realizada no IFFar Santa Rosa. Ainda, foram realizadas reportagens as quais foram veiculadas em mídia escrita, digital e televisiva, com abrangência local, regional e estadual.

Em todas estas divulgações dos resultados, foram evidenciados os ganhos práticos do trabalho, bem como os benefícios em nível sócio educacional para os alunos participantes do processo, já que a partir desta experiência, desenvolveu-se consciência mais apurada sobre o uso dos recursos hídricos, bem como sobre o uso de soluções simples para problemas do cotidiano de todos.



Considerações Finais

Com os dados obtidos nesta pesquisa, é possível afirmar que com a implantação da coleta de água descartada pelos climatizadores, pode-se abastecer a cisterna da instituição nos períodos de menor incidência pluvial. O que leva a uma maior economia quanto ao consumo de insumos tratados, bem como uma proteção contra acidentes eliminando a presença de umidade nas calçadas, além de proporcionar maior estabilidade à edificação reduzindo a presença de água junto às bases do maciço.

Na questão ambiental, o reúso da água proporcionou a ampliação da consciência dos alunos quanto à importância de ações simples, que busquem contribuir com a preservação do meio ambiente. É importante destacar ainda, que foi utilizada uma quantidade considerável de vasilhames (garrafas PET), antes considerados lixo, dando-lhes utilidade funcional e contribuindo para a preservação do solo, visto que os frascos utilizados não estarão presentes em aterros sanitários.

Desta forma, entende-se que os objetivos traçados anteriormente para a presente pesquisa foram atendidos em sua totalidade, pois o objetivo geral, era promover ações sustentáveis de cuidado e reutilização da água, provocando assim reflexões sobre políticas ambientais e contribuir na formação de profissionais na área de edificações. Neste trabalho, a relação da área de estudo dos alunos com a preservação do planeta se deu no momento em que eles buscaram resolver um problema prático a partir da aplicação de conceitos de sustentabilidade e seu alinhamento com sua profissão.

Objetivou-se com esta pesquisa estimular o uso consciente da água por meio da reutilização da proveniente geração desse material, por meio da utilização dos aparelhos climatizadores, a fim de reduzir o uso da água potável para fins de limpeza, sanitários e jardinagem, bem como impedir a presença constante da umidade na base das edificações para proteger o maciço das

mesmas, e ainda, eliminar a umidade nas calçadas no entorno dos prédios para minimizar os riscos de acidentes, o que foi possível a partir da aplicação das técnicas de coleta e canalização da água proveniente do funcionamento dos aparelhos de climatização do ar, conforme demonstrado no item 4 deste artigo.

Destaca-se, no entanto, que a partir dos resultados alcançados com a pesquisa, foi possível observar que a cisterna atual tem capacidade projetada para a coleta da água da chuva, e que, se esta estiver cheia, tornará a coleta implementada pelo trabalho exposto ineficaz, no sentido da sustentabilidade, já que o excedente será descartado.

Como limitações, destaca-se o fato da cisterna estar localizada longe dos pontos de coleta nos prédios, proporcionando maior perda por evaporação e infiltração na canalização de concreto, limitando ainda, a quantidade de prédios utilizados no projeto piloto. Também identificou-se como uma limitação, a dificuldade para fixação das garrafas PET's nas paredes do prédio, bem como os respectivos encaixes entre as mesmas.

A partir do exposto, apresenta-se por sugestão uma pesquisa que abranja a mensuração de equipamentos semelhantes ao apresentado em estudo (climatizadores ou outros que liberem água no seu processo) junto a outros órgãos públicos (assim como em organizações não-governamentais e iniciativa privada) no município de Santa Rosa/RS e região, para posteriormente efetuar a inserção dessas organizações no projeto desenvolvidos pelos alunos e, dessa forma, ampliar os benefícios de economicidade e de sustentabilidade proporcionado pelo mecanismo.

O projeto poderá servir de base aos novos profissionais da área de edificações para que, ao projetarem suas obras, já pensem em soluções relacionadas a captação dessas águas, seu direcionamento para uso na própria edificação, de forma que, suas soluções relacionadas a habitações, indústrias, comércios e áreas públicas, tenham previsão sustentável, contemplando



os equipamentos geradores de algum tipo de resíduo, de maneira que possam ser reaproveitados em benefício da coletividade com soluções inteligentes, eficazes e sustentáveis.

Ainda, sugere-se que sejam realizados novos estudos quanto ao volume histórico de coleta pluvial no campus, bem como o transbordo da cisterna e a utilização desta água no sistema hidráulico predial. Estas medições poderão gerar informações a respeito da necessidade de novas cisternas, bem como suas capacidades, além de poder prever a redução do consumo atual, que é de 480 metros cúbicos por mês em média.

Referências

- Ahmad, A., El-Shafie, A., Razali, S. F., & Mohamad, Z. S. (2014). Reservoir optimization in water resources: a review. *Water resources management*, 11, pp. 3391-3405.
- Aranha, M. L. (1996). *Filosofia da educação* (2. ed.). São Paulo: Moderna.
- Brito, D. L., Souza, L. M., & Freitas, D. (2008). Formação inicial de professores de ciências e biologia: a visão da natureza do conhecimento científico e a relação CTSA. *Interacções*, 4(9), 129-148.
- Caputo, H. P. (1998). *Mecânica dos solos e suas aplicações* (6. ed., Vol. 1.). Rio de Janeiro: LTC.
- Caputo, H. P. (2012). *Mecânica dos solos e suas aplicações* (6. ed., Vol. 2.). Rio de Janeiro: LTC.
- Dijk, A. I., Beck, H. E., Crosbie, R. S., Jeu, R. A., Liu, Y. Y., Podger, G. M., . . . Viney, N. R. (2013). The Millennium Drought in southeast Australia (2001–2009): Natural and human causes and implications for water resources, ecosystems, economy, and society. *Water Resources Research*, 2, pp. 1040-1057.
- Dixon, A., Butler, D., & Fewkes, A. (1999). Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination. *Water science & technology: options for closed water systems: sustainable water management*, 5, pp. 25-32.
- Dresch, A., Lacerda, D. P., & Antunes Júnior, J. A. (2015). *Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman.
- Duso, L., & Maestrelli, S. R. (2013). Contribuições do uso de uma controvérsia sociocientífica no ensino de ciências: uma perspectiva interdisciplinar. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de Las Ciencias*, (pp. 1106-1110). Girona.
- Fernández, A. (1991). *A inteligência aprisionada: abordagem psicopedagógica clínica da criança e sua família*. Porto Alegre: Arte Médicas.
- FIESP/CIESP. (2004). *Conservação e reúso de água: manual de orientações para o setor industrial* (Vol. 1). São Paulo: FIESP.
- Franco, M. A. (set./dez. de 2005). Pedagogia da pesquisa-ação. *Revista Educação e Pesquisa*, 31(3), 483-502.
- Gil, A. C. (2010). *Como elaborar projetos de pesquisa* (5 ed.). São Paulo: Atlas.
- Hachich, W., Falconi, F. F., Saes, J. L., Frota, R. G., Carvalho, C. S., & Niyama, S. (1998). *Fundações: teoria e prática* (2. ed.). São Paulo: Pini.
- Haddeland, I., Heinke, J., Biemans, H., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., . . . Wisser, D. (2014). Global water resources affected by human interventions and climate



change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 9, pp. 3251-3256.

Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670.

Kayes, D. C. (2002). Experiential learning and its critics: preserving the role of experience in management learning and education. *Academy of Management Learning & Education*, 2, pp. 137-149.

Leff, E. (2011). *Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder* (8. ed.). Petrópolis, RJ: Vozes.

Lemos, P. R., Fagundes, R. M., & Scherer, M. J. (2011). Reaproveitamento de água para fins não potáveis em habitações de interesse social. *X Salão de Iniciação Científica PUCRS* (pp. 2172-2174). Porto Alegre: EdiPUCRS.

Macedo, C. C., & Silva, L. F. (2014). Os processos de contextualização e a formação inicial de professores de física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 19(1), 55-75.

Macêdo, J. A. (2007). *Águas e águas* (3. ed.). São Paulo: Livraria Varela.

Mezirow, J. (1981). A critical theory of adult learning and education. *Adult education quarterly*, 1., pp. 3-24.

Miquelin, A. F., Saavedra Filho, N. C., & Conceição, S. A. (2014). Mediação da trilogia “Fundação” como possível parâmetro para análises do determinismo tecnológico no Ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências Tecnologia*, 7(1), 70-81.

Moreira, R. (jan./jun. de 2009). A geografia e a educação ambiental: o modo

de ver e pensar a relação ambiental na geografia. *Espaço em Revista*, 11(1), 11-19.

Moreno, A. C. (2016). *Total de federais entre as melhores escolas do Enem 2015 mais que dobra*. Acesso em 16 de jan. de 2016, disponível em G1: <http://g1.globo.com/educacao/noticia/total-de-federais-entre-as-melhores-escolas-do-enem-2015-mais-que-dobra.ghtml>

Oki, T., & Kanae, S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, 5790, pp. 1068-1072.

Oliveira, P. S. (2001). *Introdução à sociologia* (24. ed.). São Paulo: Ática.

Pimentel, D., Berger, B., Filiberto, D., Newton, M., Wolfe, B., Karabinakis, E., . . . Nandagopal, S. (2004). Water resources: agricultural and environmental issues. *BioScience*, 10, pp. 909-918.

Ramos, E. C. (2006). *A abordagem naturalista na educação ambiental: uma análise dos projetos ambientais de educação em Curitiba*. Tese (Doutorado em Ciências Humanas), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC: Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas.

Rebelo, Y. C. (2008). *Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento* (4. ed.). São Paulo: Zigurate.

Reis, P. R. (1999). A Discussão de Assuntos Controversos no Ensino das Ciências. *Inovação*, 12, 107-112.

Santos, J. E., & Sato, M. (2003). Universidade e ambientalismo: encontros não são despedidas. Em J. E. SANTOS, & M. SATO, *A contribuição da educação ambiental à esperança de Pandora*. São Carlos: RiMa.



Shiklomanov, I. A., & Rodda, J. C. (2004). *World water resources at the beginning of the twenty-first century*. Cambridge: Cambridge University Press.

Teixeira, C. Z. (1993). *Comportamento de estacas escavadas em solos colapsíveis*. Dissertação (Mestrado em geotecnia), Escola de engenharia de São Carlos – USP, São Carlos.

Thiollent, M. (2003). *Metodologia da pesquisa-ação* (12. ed.). São Paulo: Cortez.

Thiollent, M. (2011). *Metodologia da Pesquisa-ação* (18. ed.). São Paulo: Cortez.

Van Vliet, M. T., Wiberg, D., Leduc, S., & Riahi, K. (2016). Power-generation system vulnerability and adaptation to changes in climate and water resources. *Nature Climate Change*, pp. 375–380.

Wallon, H. (1978). *Do acto ao pensamento*. Lisboa, Portugal: Moraes Editores.