

**PROPOSTA DE REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA GERADA PELOS AR
CONDICIONADOS DE UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA: UMA MODELAGEM
COMPUTACIONAL**

Marcelo Cassanta Antunes– dedeantunes@gmail.com

Programa de Pós Graduação em Administração – Universidade Federal de Santa Maria

Glauco Oliveira Rodrigues– glaucop10@redes.ufsm.br

Programa de Pós Graduação em Administração – Universidade Federal de Santa Maria

Eugênio de Oliveira Simonetto– eosimonetto@gmail.com

Programa de Pós Graduação em Administração – Universidade Federal de Santa Maria

Crislei Siqueira Schuch– crislei.schuch@gmail.com

Pro-Reitoria de Recursos Humanos – Universidade Federal de Santa Maria

Ruan Carames - rbcarames@gmail.com

Fiscal Tributário da Prefeitura Municipal de Cacequi/RS , Brasil

RESUMO

O artigo apresenta a modelagem e desenvolvimento de um modelo de simulação para avaliar o reaproveitamento da água gerada pelos ar condicionado de uma Instituição de Ensino Superior (IES) pública. Para a construção do modelo (definição de variáveis e suas inter-relações) utilizou-se por base teórica as pesquisas bibliográficas e observações do processo da geração da água. Dentre os aspectos analisados está a redução do impacto financeiro, em função da redução do gasto com o consumo de água potável. Para avaliar as possibilidades, foram gerados três cenários: um cenário baseado na situação atual outro denominado cenário Moderado e por fim o cenário otimista. Os resultados obtidos através da simulação demonstram que o processo de reaproveitamento traz um significativo ganho financeiro. O horizonte de tempo simulado foi de dez anos e foi utilizado o software Vensim para o desenvolvimento da simulação.

Palavras-chave: Modelagem Computacional, Recursos Hídricos e Sustentabilidade.

***PROPOSAL FOR THE REAPROVEMENT OF WATER GENERATED BY
THE AIR CONDITIONING OF A PUBLIC INSTITUTION: A
COMPUTATIONAL MODELING***

ABSTRACT

The article presents the modeling and development of a simulation model to evaluate the reuse of water generated by the conditioned air of a public higher education institution (IES). For the construction of the model (definition of variables and their interrelations), the bibliographic research and observations of the water generation process were used as theoretical basis. Among the analyzed aspects is the reduction of the financial impact, due to the reduction of the consumption of drinking water. To evaluate the possibilities, three scenarios were generated: a scenario based on the current situation, another called the Moderate scenario and finally the optimistic scenario. The results obtained through the simulation show that the reutilization process brings a significant financial gain. The simulated time horizon was ten years and Vensim software was used for the simulation development.

Key-words: *Computational Modeling, Solid Waste and Sustainability.*

1. INTRODUÇÃO

Na sociedade contemporânea praticamente todos os processos na rotina dos cidadãos, fazem uso, direta ou indiretamente, de recursos hídricos (SENGER et al, 2016). A crescente problemática da escassez de recursos hídricos somado pela crise econômica faz com que as instituições busquem alternativas do uso sustentável da água, como técnicas de aproveitamento da água gerada pelos climatizadores e ares condicionados chuva e águas como as geradas por aparelhos de ar condicionado.

Para Sengueretal (2016) estima-se que seja expandido o quadro de déficit hídrico já existente (SAUTCHUK, et al., 2004), e em função destas previsões, faz-se necessário que as pessoas tomem atitudes de preservação destes recursos finitos, como por exemplo, o reaproveitamento da água (MACÊDO, 2007).

Portanto este artigo tem como objetivo analisar a coleta da água gerada pelos ares condicionados de uma Instituição de Ensino Superior (IES), através de cenários com diferentes porcentagens de reaproveitamento da mesma, ofertando aos gestores uma nova forma para diminuir o consumo da água vinda da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) acarretando na diminuição do custo envolvido pela alta demanda de água da IES.

Neste ímpeto a justificativa para a realização desta pesquisa se deve ao elevado uso dos ares condicionados pelos usuários da IES. Os aparelhos de ar condicionado são utilizados em grande escala tanto em residências como em instituições comerciais e de ensino. Segundo Fortes, Jardim e Fernandes (2015), a perspectiva de utilizar a água proveniente do sistema de refrigeração dos aparelhos de ar condicionado é uma alternativa aparentemente viável, buscando conciliar o aproveitamento de água e diminuição dos custos envolvidos pelo elevado consumo da água.

Para atingir o objetivo da pesquisa será utilizada a metodologia de Dinâmica de Sistemas (Dynamic Systems). Segundo DaellenbacherMcnicke (2005) a metodologia dinâmica de sistemas (SD) possibilita o estudo do comportamento dos sistemas ao longo do tempo, de maneira a permitir a avaliação das consequências de determinadas decisões. Portanto, o problema de pesquisa proposto é o seguinte: *Qual o impacto financeiro pela adoção do reaproveitamento da água gerada pelos ares condicionados de uma IES?*

Para responder o problema de pesquisa foram utilizadas técnicas oriundas da área de dinâmica de sistemas. O uso de ferramentas da área de sistemas de apoio à tomada de decisão busca agregar qualidade ao processo decisório, pois, ainda hoje, muitas das decisões sobre a gestão dos recursos hídricos são embasadas, somente, na experiência dos gestores. (CHANG; WEI, 2000).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção mostraremos que, em virtude da sua utilidade, a água é considerada um recurso finito, escasso e de valor econômico. Sua importância é tanta que pode definir o desenvolvimento que uma região, país ou sociedade pode alcançar.

2.1 GESTÃO DE RECURSOS HIDRICOS

A água constitui elemento essencial à vida e é necessária para quase todas as atividades humanas, sendo, ainda, componente da paisagem e o meio ambiente. Trata-se de um bem precioso, de valor inestimável, que deve ser conservado e protegido a qualquer custo. Pode ser usada em diversas áreas como: geração de energia elétrica, abastecimento industrial e doméstico, irrigação de culturas agrícolas, navegação, recreação e também para assimilação e afastamento de esgotos. (SETTI et al., 2001).

O desenvolvimento de atividades econômicas e o grande crescimento populacional vêm causando sérios problemas aos recursos hídricos. Em face disso, os órgãos públicos e

civis uniram-se para a criação de legislação e de políticas específicas, com o objetivo de fundamentar a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos. (Lima; Cadeias e Cunha, 2017).

A gestão de recursos hídricos no Brasil é orientada pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, conhecida como Lei das Águas, a qual criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Desta forma, aconselha-se uma gestão integrada e participativa, que visa principalmente garantir a disponibilidade de água à atual e às próximas gerações, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. (Lima; Cadeias e Cunha, 2017).

Para a implementação da PNRH, foi criada Agência Nacional de Águas (ANA) instituída pela Lei nº 9.984 de 2000. Esta se caracteriza como um órgão regulador, com vínculo ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), responsável, sobretudo pela implementação, operacionalização, controle e avaliação dos instrumentos de gestão e outras funções inerentes aos recursos hídricos (ANA, 2011).

Os Comitês de Bacias Hidrográficas têm como atribuição legal determinar sobre a gestão das águas em conformidade com o poder público, e desempenham papel importante neste sistema participativo de gestão. Dentre outras competências no âmbito da sua área de atuação, são responsáveis pela aprovação da adequada aplicação dos Planos de Recursos Hídricos da bacia, que permitem integrar e articular os demais instrumentos da Política (ANA, 2011).

Quando há grande oferta de água, podemos tratá-la como um bem livre, sem valor econômico. Com o crescimento da demanda, surgem os conflitos entre usos e usuários da água, levando à sua escassez. Neste momento, ela precisa ser gerida como um bem econômico, devendo ser-lhe atribuído um valor justo. A escassez pode ocorrer também devido aos chamados aspectos qualitativos, quando a poluição afeta a qualidade da água e eleva os valores a patamares inadmissíveis para determinados usos. (SETTI et al., 2001).

O uso racional dos recursos hídricos objetiva assegurar que a água cumpra seu papel no desenvolvimento econômico e no bem-estar social da população, e seja suficiente para continuar como um fator de equilíbrio dos ecossistemas. Para possibilitar esse desenvolvimento, metas e planejamentos estruturados, estudos científicos devem ser realizados com o intuito de proporcionar o controle e a utilização da água em padrões de qualidade no mínimo satisfatórios, por seus usuários atuais e futuros. Para atingir tal nível de desenvolvimento, tornam-se necessários profundos conhecimentos dos riscos e danos em diferentes áreas e grupos, para entender, planejar e evitar possíveis danos ao ecossistema local. (POLETO, 2008).

2.2 DINAMICA DE SISTEMAS

A Dinâmica de Sistemas (DS) estuda o comportamento dos sistemas ao longo do tempo. Tem raízes, entre outras, na teoria dos sistemas, na teoria geral dos sistemas e na teoria do controle. Estas teorias dão embasamento ao pensamento holístico, citado em algumas áreas da literatura. A primeira publicação sobre a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) aconteceu em 1945, pelo biólogo Ludwig Von Bertalanffy, na qual o mesmo afirma que a TGS trata os sistemas vivos como sendo sempre sistemas abertos, ao contrário da Teoria dos Sistemas que trata em especial dos sistemas fechados, focados em automação, engenharia de sistemas, na cibernética e na tecnologia dos computadores (VENSIM, 2004).

Desenvolvida na década de 50 pelo engenheiro Jay Forrester, a metodologia dinâmica de sistemas (DS) teve sua primeira aplicação numa análise de uma empresa americana, que verificou as oscilações nas vendas. A metodologia de Dinâmica de Sistemas (DS), segundo

Costa (2004), surgiu quando Jay W. Forrester estava trabalhando em um artigo chamado “*Industrial Dynamics, a Major Breakthrough for DecisionMakers*” para o livro “*Industrial Dynamics*”. Nessa pesquisa de Jay, havia a necessidade de utilizar computadores para executar algumas simulações, com o auxílio de seu amigo Richard Bennett para codificar as equações necessárias. Através da necessidade de rodar os códigos complicados, Richard criou o simulador chamado SIMPLE (*Simulation of Industrial Management Problems with Lots of Equations*). Esse simulador foi o marco de início da Dinâmica de Sistemas. Hoje, existem diversos softwares, como o Stella, iThink, PowerSim e VenSim, que podem ser utilizados em micros para a implementação de modelos de sistemas.

A Dinâmica de Sistemas permite o estudo do comportamento dos sistemas ao longo do tempo, permitindo a avaliação das consequências de nossas decisões. Por essa razão e a necessidade de estudar os impactos da reciclagem dos óleos vegetais em um horizonte temporal futuro, decidiu-se utilizá-la na modelagem e simulação computacional. A DS nos auxilia a construir modelos da maioria dos sistemas conhecidos, com apoio de alguns softwares para o uso de computadores pessoais, podemos simular o comportamento destes sistemas ao longo do tempo (VENSIM, 2004).

Um modelo de DS pode ser definido como a estrutura resultante da interação de políticas. Essa estrutura é formada por dois componentes principais, que são os estoques e os fluxos. Ford (2009) define os DS como uma combinação de estoques e fluxos que utilizam uma estrutura computacional para serem simulados. Os estoques referem-se às variáveis do modelo que são acumuladas no sistema e os fluxos são as decisões ou políticas do sistema. Esses componentes podem estar organizados na forma de relações de causa e efeito, denominadas *feedback* de balanço ou de reforço e estão sujeitos às defasagens temporais no sistema em análise.

Diversos autores utilizam-se dessa metodologia para a análise de questões relacionadas ao meio-ambiente e a sustentabilidade, dentre os quais se podem citar os estudos de Abeliotiset al. (2009); Dyson e Chang (2005); Kum et al. (2005); Simonetto (2014). Sufian e Bala (2007).

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para o desenvolvimento deste artigo foi utilizado a metodologia de modelagem computacional, utilizando a simulação computacional como técnica para execução do modelo desenvolvido. Para Prado (2004), simulação computacional é uma técnica que permite transcrever um sistema real em um ambiente computacional, utilizando recursos oferecidos pelos computadores.

Esta técnica permite a visualização em tela dos resultados que poderão ser obtidos em uma situação real. As principais justificativas para o uso da simulação estão ligadas, principalmente, à inviabilidade da interferência com o sistema real e a inexistência do sistema que se pretende estudar. (TAHA, 2007). Loureiro (1995) fomenta que a simulação ao replicar aspectos da realidade permite ao gestor trabalhar em condições semelhantes aos reais, sob variadas condições.

3.1 MODELOS DE SIMULAÇÃO

Longarey (2014) define modelo de simulação como a representação matemática de um sistema físico ou abstrato, possuindo o objetivo de constatar o comportamento desse sistema quando os valores ou o ordenamento das variáveis que o compõem são alterados. Um modelo de simulação não fornece apenas a melhor alternativa, mas sim um conjunto de

alternativas, todas viáveis para resolução do problema, apresentando ao gestor diversas alternativas e cenários para sua tomada de decisão. Utilizando *softwares* o modelador desenvolve quantas simulações forem necessárias até possuir a quantidade de alternativas necessárias para suprir o desempenho aceitável para o sistema pelo qual está sendo modelado (ANDRADE *et al*, 2006).

Para o desenvolvimento dos submodelos foi utilizado os procedimentos descritos por Longarey (2014):

I. Determinação do Problema: delimitação dos aspectos percebidos problemáticos para as pessoas que estão envolvidas no cenário decisório, sobre os quais algum tipo de ação deve ser tomada;

II. Elaboração do modelo: Nesta fase ocorre a definição da técnica para resolver o problema, e delimitação das variáveis que englobaram o modelo além dos cenários que irão representar cada proposta da pesquisa;

III. Resolução do modelo: É procedida a simulação do modelo, com a determinação dos valores da solução ótima, ou das alternativas viáveis para o modelo de simulação;

IV. Legitimação do modelo: Reconhecimento pelo gestor, que o modelo contempla as expectativas para a resolução do problema;

V. Implementação da solução: Modelo é testado em uma situação real.

A simulação computacional de sistemas consiste na utilização de um conjunto de métodos e técnicas matemáticas, com o objetivo de imitar o comportamento de sistemas reais, geralmente, utilizando-se de computadores e softwares (KELTON; SADOWSKI; SADOWSKI, 1998). Ela pode ser definida como um processo de projetar um modelo de um sistema real e procedimentos de experimentos com esse modelo, com o propósito de verificar o comportamento do sistema ou, até mesmo, avaliar estratégias para a sua operação (PEGDEN; SHANON; SADOWSKI, 1995).

Através do uso da simulação pode-se imitar o comportamento de, praticamente, qualquer tipo de operação ou processo do mundo real (LAW, 2015). Para Chwife e Medina (2015) a simulação computacional, necessita de um computador para ser realizada, tendo como objetivo analisar o comportamento do objeto de estudo. Andrade *et al*(2006) afirma que um modelo computacional deve conter: painel de entrada; gráficos; tabela e controles de saída; modelagem das relações de causa e efeito. A criação de um modelo lógico é uma das principais etapas de um estudo de simulação, este modelo deve ser formado por um conjunto de suposições e aproximações, todas devidamente estruturadas e quantificadas, o objetivo do modelo lógico é representar o comportamento do sistema real estudado com todas suas variáveis possíveis.

Devem-se utilizar modelos lógicos quando se deseja aprender alguma coisa sobre o sistema real que não se pode observar ou experimentar diretamente, inexistência do sistema real, dificuldade de sua manipulação, custo alto para executar determinados ensaios. Os resultados obtidos pelo modelo e sistema real, são influenciados pela quantidade de simplificações impostas ao modelo, por esse fato, esse método é uma das ferramentas de análise mais poderosas disponíveis para a representação de sistemas complexos (KELTON; SADOWSKI; SADOWSKI, 1998). No cotidiano mundial, existem várias aplicações para a simulação computacional, como por exemplo, produção na área de alimentos, controle de trânsito, otimização de rotas utilizadas para entrega de encomendas, recolhimento de resíduos entre outras utilidades.

Ultimamente, a simulação também vem sendo utilizada para auxiliar problemas relacionados a gestão ambiental, como, por exemplo, a gestão de resíduos sólidos, uma das técnicas utilizadas para a simulação computacional é a metodologia de Dinâmica de Sistemas, a qual é utilizada como base para o modelo apresentado na próxima sessão.

4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Diante da crise econômica vivenciada pelo Brasil, cortes orçamentários acontecem com mais frequência, cabendo às Instituições a acharem estratégias para diminuir os custos necessários para manter o seu pleno funcionamento. Dentre os gastos necessários para suprir e atender as necessidades, dos usuários de uma Instituição de Ensino Superior, está a água. Devido a tal, torna-se viável a proposta do desenvolvimento sustentável, que é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades usuários da situação atual, garantindo a capacidade de atender as necessidades das gerações futuras.

Os aparelhos de ar condicionado, que são utilizados em larga escala nos prédios da IES, geram gotejamento de água, derivada da umidade do ar condensado quando o aparelho resfria o ar do ambiente interno. O artigo visa analisar o aproveitamento da água gerada pelos ares condicionados. De acordo com MOTA (2011), em média um ar condicionado com 12000 BTUs gera em torno de 300 mililitros de água por hora ou 0,3 litros por hora, enquanto os de 9000 BTUs geram a metade desta quantia. Para reforçar este dado foi realizada uma coleta de aproximadamente dez ares condicionados da IES parceira do estudo, reforçando que o dado apresentado pelo autor citado neste parágrafo.

A instituição possui cerca de cem ares condicionados com potência de 120000 BTUs, trezentos com potência de 9000BTUs e outros duzentos em manutenção ou não instalados. Estes não foram considerados para realizar a modelagem. Os aparelhos ficam ligados em média 14 horas diários e aproximadamente 22 dias por mês.

O custo do m³ da água varia bastante, com a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) cobrando cerca de R\$ 0,005 pelo litro da água. A média no Brasil do litro da água fica em torno dos R\$ 0,0035. Para reforçar o custo do consumo da água da IES base de estudo, foram coletadas 36 contas de água dos diferentes prédios da IES, possibilitando aos pesquisadores entenderem a lógica do consumo/gasto da água da instituição.

O modelo desenvolvido é formado por três variáveis de estoque, “*Total 12000 BTUs*”, “*Total 9000 BTUs*”, “*Custo Água*”, que representam as acumulações dos dados em relação à água e ao custo envolvendo o consumo da água. Forma o modelo quatro variáveis de fluxo, “*Água 1200BTUs*”, “*Água 9000BTUs*”, “*Água Totals*”, “*Preço Litro*”. Os fluxos são vazões controladas por equações e por isto são representados por um ícone parecido com “uma torneira sobre um cano”, representando o transporte de recursos no sistema. Totalizam oito variáveis auxiliares, que tem por finalidade alimentar as entradas dos fluxos do modelo. As variáveis “*Varição 12000BTUs*” e “*Varição 9000BTUs*” são responsáveis por representar a média de perda da água gerada pelos ares condicionados, em conjunto com as variáveis “*Geração 12000BTUs*”, “*Geração 9000BTUs*” e “*Aproveitamento Água*”, que representam a quantidade de água total arrecadada pelos dois modelos de ares condicionados. A variável “*Aproveitamento Água*” será utilizada para diferenciar os cenários desenvolvidos. Através de diferentes porcentagens aplicadas nela a coleta de água se diferencia, modificando diferentes estratégias de reaproveitamento da água. O modelo desenvolvido está representado na figura 1.

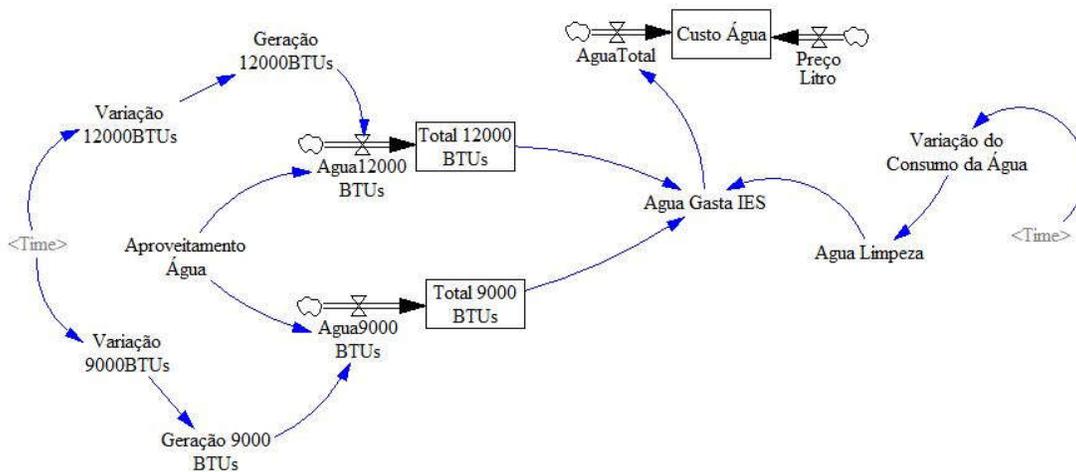


Figura 1. Modelo Desenvolvido

Fonte: Autor (2018)

Complementa o modelo uma variável do tipo “shadow” chamada “time”, onde será possível projetar o horizonte de tempo, para o estudo estudaremos o impacto das decisões durante dez anos. Onde a variável “time” está conectada ocorrerá uma alteração temporal nos seus valores de entrada.

Um modelo computacional depende de equações matemáticas para executar com precisão sua lógica na simulação. Para este modelo desenvolveu-se as equações expostas no quadro a seguir.

$\text{Água12000BTUs} = \text{Aproveitamento Água} * \text{Geração 12000BTUs}$ $\text{Água9000BTUs} = \text{Aproveitamento Água} * \text{Geração 9000 BTUs}$ $\text{Total 12000 BTUs} = \text{Água12000BTUs}$ $\text{Total 9000 BTUs} = \text{Água9000BTUs}$ $\text{Água Gasta IES} = \text{Água Limpeza} - (\text{Total 12000 BTUs} + \text{Total 9000 BTUs})$ $\text{Custo Água} = \text{ÁguaTotal} * \text{Preço Litro}$

Quadro 1. Modelo de equações

Fonte: Autor (2018)

Para analisar o modelo foram gerados três cenários: o primeiro representa o modelo atual, onde a IES não coleta a água gerada dos seus ares condicionados, servindo como base comparativa e possibilitando aos pesquisadores analisarem qual cenário obtém o melhor resultado; no segundo foram geradas duas propostas, desenvolvendo inicialmente um cenário mediano, onde 50% da água serão coletadas; e por fim, um cenário otimista que analisará a coleta de 100% da água gerada pelos ares condicionados. A análise dos cenários e seus resultados serão apresentados na sessão a seguir.

5. EXPERIMENTO E RESULTADOS

Definidos os cenários para a realização do experimento com o uso do modelo foram executadas as simulações. A execução das simulações foi utilizado o simulador Vensim (VENSIM, 2018) em uma estrutura computacional com processador Intel Core (i5 2450) de 2,5 Ghz, 4 Gb de memória RAM eo tempo de execução da simulação dos três cenários foi na ordem de milionésimos de segundo. O modelo possibilitará aos interessados gerarem outras

simulações, podendo criar diferentes cenários já que o modelo foi construído com o objetivo de ofertar melhores decisões de reaproveitamento da água gerada pelos ares condicionados.

A figura 2 apresenta a água total consumida na IES até 2030, o cenário com maior consumo é o cenário atual, chegando a consumir um total de aproximadamente 8.540.000 litros de água em dez anos. O cenário com menor impacto no consumo é o cenário positivo, economizando cerca de 300.000 litros de água ao ano, quando comparado ao cenário atual, se comparado ao cenário mediano, o mesmo economizará aproximadamente 1.300.000 litros de água. O cenário mediano, que coletará 50% da água, possibilitará uma economia de aproximadamente 1.420.000 litros de água quando comparado ao cenário atual.

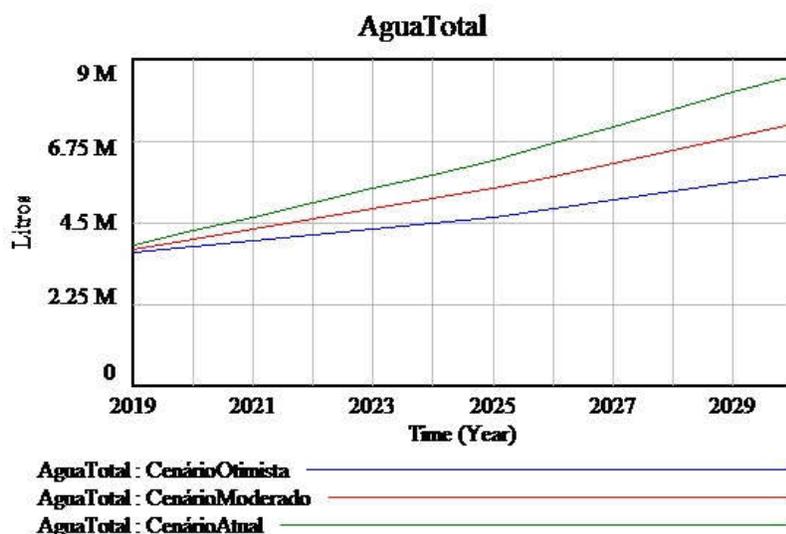


Figura 2. Água Total

Fonte: Autor (2018)

Para verificar o gasto gerado pelo consumo de água, gerou-se o gráfico apresentado na figura 3. Nota-se que até o ano de 2022 a estratégia apresentada pelos pesquisadores obterá praticamente o mesmo gasto do cenário atual. Mas em 2023 o cenário otimista já apresentará uma economia de aproximadamente R\$ 10.000,00, chegando em 2030 há uma economia de até R\$ 110.000,00, possibilitando a IES investir este dinheiro em outras áreas com maiores necessidades. O cenário mediano também apresentou uma economia, gastando até 2030 R\$287.340,00, enquanto o cenário atual gastou aproximadamente R\$ 324.000,00.

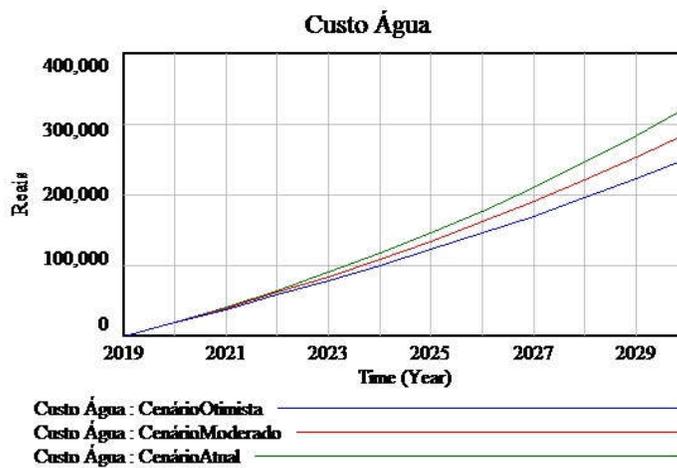


Figura 3.Custo Total

Fonte: Autor (2018)

Os resultados reforçam a importância de achar novas alternativas para economizar o dinheiro público, de certa forma possibilitando investir a economia em outras áreas emergentes.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação com a escassez de água se estende a muitas das Regiões Metropolitanas brasileiras. Embora o Brasil disponha de grande porcentagem dos recursos hídricos mundiais, muitas regiões convivem com recursos hídricos da ordem de duzentos metros cúbicos por habitante por ano, gerando condições críticas de abastecimento e conflitos no uso da água. É necessário investir em programas objetivos de medição, avaliação e pesquisa, bem como em programas de motivação e treinamento pessoal.

Portanto, o objetivo principal deste artigo foi o desenvolvimento, verificação, avaliação e experimento de modelos de simulação computacional com o propósito de avaliar grupos de cenários para o reaproveitamento da água gerada por ares condicionados.

Para o desenvolvimento do modelo de simulação levou-se em consideração o conceito que modelos de Dinâmica de Sistemas são compostos por variáveis de estoque, fluxo, ambas variáveis endógenas. Um dos objetivos centrais da metodologia de Dinâmica de Sistemas é ter um modelo que consiga simular o comportamento real. Ou seja, a fonte dos problemas em um sistema seja uma parte inerente do modelo desenvolvido.

A metodologia de Dinâmica de Sistemas auxiliou a mapear as estruturas do sistema desenvolvido, procurando examinar sua inter-relação em contexto amplo. Através da simulação desenvolvida, a dinâmica aplicada pretende compreender como o sistema em foco evolui no tempo e como as mudanças em suas partes afetam o seu comportamento. A partir dessa compreensão, foi possível diagnosticar e prognosticar o sistema, além de possibilitar simular mais cenários no tempo.

Com relação específica aos resultados obtidos, para os cenários avaliados, o cenário otimista apresentou os melhores resultados ofertando uma economia de aproximadamente R\$ 11.000,00 reais ao ano. O cenário mediano também ofertará economia financeira quando comparado ao cenário atual, reforçando a importância de aproveitar a água gerada pelos ar condicionados da Instituição de Ensino Superior parceira da pesquisa.

A relevância disso não se limita apenas à criação de uma alternativa para a utilização mais consciente de água, mas também ao fato de se ter uma alternativa para o uso da água gerada pelos ar condicionados. A água, conforme descrito anteriormente, é um recurso que necessita ser cada vez mais racionalmente utilizado, visto que sua quantidade útil disponível diminui a cada ano.

Uma das principais limitações desta investigação refere-se ao fato de o modelo ter sido desenvolvido para analisar uma instituição pública, o que poderá impedir a generalização dos achados para outros IES privadas. Outra limitação se refere no custo da água, já que existe discrepância nos valores anuais pagos em água pela IES. Como trabalhos futuros pretendem-se acrescentar variáveis ao modelo, como por exemplo, o custo para criar os dispositivos de coleta de água.

REFERÊNCIAL TEÓRICO

ABELIOTIS, K. *Decision Support Systems in Solid Waste Management: A Case Study at the National and Local Level in Greece*. Global NEST Journal, v.11, n. 2, p. 117-126, 2009.

ANA. Agência Nacional de Águas, 2011. **O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz.** ANA, Brasília. (Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos, 1).

ANDRADE, A.L; SELEME, A.; RODRIGUES, L.H.; SOUTO, R. **Pensamento Sistêmico: caderno de campo: o desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade.** Porto Alegre, Bookman, 2006.

CHWIF, L.; MEDINA, A.C. **Modelagem e Simulação de eventos discretos: Teoria e Aplicação**, 4ed. Elsevier. Rio de Janeiro. 2015.

DYSON, B., CHANG, N.B. **Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling.** *Waste Management*, v.25, n.7, p.669-679, 2005.

FORD, A. **Modeling the environment**, Second Edition. Island Press, 2009.

KELTON; SADOWSKI; SADOWSKI, A. **Simulation with Arena.** New York: McGraw-Hill, 1998.

KUM, V.; SHARP, A.; HARNPORNCHAI, N. A. **System Dynamics Study of Solid Waste Recovery Policies in Phnom Penh City.** 23rd International Conference of the System Dynamics Society, Boston. *Proceedings SDS*, 2005.

LAW, A.M. **Simulation Modeling and Analysis.** 5Ed., McGraw-Hill, 2015.

LIMA, Thaís Silva; Candeias, Ana Lúcia Bezerra; Cunha, Maristela Casé Costa. **Bioindicadores e Sensoriamento Remoto como Subsídios à Gestão dos Recursos Hídricos no Semiárido Brasileiro.** *Revista Brasileira de Geografia Física* v.10, n. 06 (2017).

MOTA. **Utilização da água de sistemas de ar condicionado visando o desenvolvimento sustentável.** Universidade Estadual de Maringá. Maringá, PR, 2011.

PEGDEN, C. D.; SHANON, R. E.; SADOWSKI, R. P. **Introduction to simulation using SIMAN.** 2nd ed. McGraw-Hill, 1995.

POLETO, Cristiano. **Gestão de Recursos Hídricos.** Porto Alegre: Escola Técnica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. 40 p.

SETTI, Arnaldo Augusto et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.** Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, p. 328, 2001.

SIMONETTO, E.O. **Simulation computer to evaluate scenarios of solid waste – an approach using systems dynamics.** *International Journal of Environment and Sustainable Development*, v.13, n.4, p.339-353, 2014.

SUFIAN, M.A., BALA B.K. **Modeling of urban solid waste management system: The case of Dhaka city.** *Waste Management*, v.27, p.858-868, 2007.

VENSIM – **Ventana Simulations (2014), Vensim simulation software.** Disponível em: <<http://www.vensim.com>>, 2014. Acessado em Dez. 2014.