

Glauco Oliveira Rodrigues

Doutorando do Programa de Pós Graduação em
Administração da Universidade Federal de Santa
Maria
glaucop10@redes.ufsm.br

Marcelo Cassanta Antunes

Assistente em Administração na Universidade
Federal de Santa Maria
dedeantunes@gmail.com

Eugênio de Oliveira Simonetto

Professor Adjunto da Universidade Federal de
Santa Maria
eosimonetto@gmail.com

Elijeane dos Santos Sales

Doutoranda do Programa de Pós Graduação em
Administração da Universidade Federal de Santa
Maria
elijeanesales@gmail.com

Fernando Negrini

Doutoranda do Programa de Pós Graduação em
Administração da Universidade Federal de Santa
Maria
crismoreira@hotmail.com

ANÁLISE DO REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA GERADA PELOS AR CONDICIONADOS DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

RESUMO

O artigo apresenta a modelagem e desenvolvimento de um modelo de simulação para avaliar o reaproveitamento da água gerada pelos ares condicionados de uma Instituição de Ensino Superior (IES) pública. Para isso, utilizou-se a metodologia de modelagem e simulação computacional: a partir da elaboração de um modelo, construíram-se cenários para realizar a análise dos resultados. 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: Ar condicionado. Dinâmica de Sistemas. Modelagem Computacional. Recursos Hídricos. Sustentabilidade

ANALYSIS OF THE REAPROVEMENT OF WATER GENERATED BY AIR CONDITIONING IN A HIGHER EDUCATION INSTITUTION

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 this, the methodology of computational modeling and simulation was used: from the elaboration of a model, scenarios were constructed to carry out the analysis of the results. 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.

Keywords: Air conditioning. System Dynamics. Computational Modeling. Water resources. Sustainability

1. INTRODUÇÃO

A água tem sido uma preocupação constante dos seres vivos desde sua criação, mas a perspectiva começou a mudar quando o homem percebeu que a escassez deste recurso poderia significar riscos para a continuidade da espécie, caso o meio ambiente em geral e alguns elementos críticos continuassem em processo de degradação e rápida destruição. Essa reflexão ganhou força na Europa após a segunda guerra mundial, quando a degradação do meio ambiente se acentuou e partir daí ganharam impulso iniciativas de recuperação, as quais se constituíram em um grande negócio comercial (BERBERT, 2003).

Além de ser essencial à vida e à saúde humana, a água é indispensável ao equilíbrio ecológico e ao desenvolvimento econômico e social. Conforme destaca Grassi (2006), a água é um componente ambiental básico indispensável para a morada de todas as formas de vida conhecida, além de ser indispensável para o desenvolvimento social e cultural da humanidade. Apesar da importância da água para os seres vivos, este recurso natural renovável e não inesgotável vem sofrendo sensivelmente com as ações do ser humano, que lhe modificam a qualidade e a quantidade no espaço e no tempo (CHRISTOFIDIS, 2002).

Com o crescimento demográfico e econômico multiplicam-se os usos da água e crescem rapidamente suas demandas, embora a quantidade global disponível seja a mesma. Abaste-

cimento humano, dessedentação de animais, indústria, agricultura, navegação, geração de energia elétrica, pesca, esportes, diluição e biodegradação de esgotos urbanos e industriais são usos que estão se intensificando tanto global quanto localmente (GRASSI, 2006).

Conforme dados da Agência Nacional das Águas (2013), agência reguladora do uso dos recursos hídricos vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, quase um bilhão de pessoas em todo o mundo não tem acesso à água potável. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), cerca de quatro mil crianças menores de 5 anos morrem todos os dias de doenças passíveis de prevenção relacionadas à água, como diarreia, febre tifoide, cólera e disenteria. A estatística é resultado da contaminação de rios, lagos e lençóis freáticos, com o despejo de esgoto sem tratamento. Ainda segundo a ONU, a água representará um grande desafio por sua distribuição irregular no planeta, acrescida pelo seu desperdício, poluição e degradação. O uso deste bem aumentou duas vezes mais que a taxa de crescimento populacional no último século, e em 2025, aproximadamente 20% da população mundial viverá em áreas com problemas de recursos hídricos (ONU, 2002).

O Brasil dispõe de 12% das reservas de água doce do planeta, mas ainda enfrenta problemas crônicos na área de saúde pública e de desenvolvimento econômico. Apesar de o país ser privilegiado em termos de disponibilidade de água, sua distribuição no tempo e no espaço a-

presenta-se de forma desigual, o que gera situações de abundância em algumas regiões do país, como a região Norte, e situações próximas da escassez, como no semiárido nordestino (NORONHA, 2006).

Devido à escassez de água, cresce a importância da utilização racional e sustentável deste bem, e uma das formas de melhor utilizá-la é através do reuso. Para Hespanhol (2002) a água pode ser reutilizada para diversos fins benéficos, que dependem de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais. Bastos e Calmon (2013) citam o exemplo da reutilização da água de aparelhos de ar condicionado em uma edificação comercial, no qual mostrou-se que a reutilização de água drenada pelo sistema de ar condicionado é viável em termos econômicos, além do reaproveitamento de água potável, que pode ser utilizada para lavagem e manutenção predial e dos jardins. Entre as formas potenciais de reuso de água, Hespanhol (2002) cita os esgotos domésticos, os quais podem ser reutilizados para uso urbano potável e não potável, para atividades de recreação como canoagem, pesca, natação, para recarga de aquíferos, e para a agricultura. Já os esgotos industriais podem ser reusados para os mais diversos processos industriais.

Pensando na possibilidade da redução do consumo de água potável destinada a limpeza de Instituições de Ensino Público (IES), este artigo tem como objetivo analisar cenários de reaproveitamento da água gerada por ar condicionados, avaliando o impacto ambiental e financeiro da inserção de diferentes

metragens de água oriunda do ar condicionado.

Para atingir o objetivo da pesquisa será construído um modelo computacional utilizando a metodologia de Dinâmica de Sistemas (Dynamic Systems). Segundo Daellenbach e Mcnickle (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. Os dados foram coletados diretamente em uma IES da região central do Rio Grande do Sul. Portanto, o problema de pesquisa proposto é o seguinte: *Qual o impacto ambiental e 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).

Neste ímpeto a justificativa para a realização desta pesquisa se deve ao elevado uso dos ares condicionados pelos usuários da IES. 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. Apresentada aos gestores da IES novas possibilidades de decisões acerca do uso da água provinda da Companhia Rio-grandense de Sane-

amento (CORSAN), diversas vantagens podem ser citadas quando o gestor utiliza algum processo de modelagem para tomada de decisão, como por exemplo a comunicação de novas ideias para utilizar menos recursos públicos (LACHTERMACHER, 2018).

A respeito da estrutura, salienta-se que este artigo está dividido em cinco seções: esta primeira seção possui um caráter introdutório acerca da temática abordada; já na segunda seção consta o referencial teórico que embasou o estudo. A terceira seção, por sua vez, mostra o método de pesquisa adotado enquanto a quarta seção detalha o modelo de simulação desenvolvido. Na quinta seção apresentam-se os resultados obtidos e encerra-se com a conclusão na sexta seção acompanhada de sugestões para investigações futuras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Na sociedade contemporânea praticamente todos os processos na rotina dos cidadãos, fazem uso, direta ou indiretamente, de recursos hídricos. 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. Mais detalhes sobre a bibliografia utilizado nesta pesquisa será apresentada nas próximas sessões.

2.1 GESTÃO DE RECURSOS HIDRICOS

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).

O uso racional dos recursos hídricos objetiva a 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 DINÂMICA 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, 2018).

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 DecisionsMakers*” 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 os 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, possamos simular o comportamento destes sistemas ao longo do tempo (VENSIM, 2018).

Um modelo de DS pode ser definido como a estrutura resultante da interação de políticas. Essa estrutura é formada por dois compo-

mentos 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 dinâmica de sistemas, aplicada por Law (2015), utilizando a técnica de modelagem computacional para servir como base para a execução das simulações desejadas. Segundo Lisboa (2009), um modelo é a representação simplificada de um sistema real, com o objetivo de reproduzir o funcionamento do sistema real existente. A complexidade de um sistema real é influenciada por diversas variáveis envolvidas no processo de tomada de decisão. Para Belfiore e Fávero (2012) devida à grande complexidade desse sistema, torna-se necessária a simplificação a partir de um modelo, de forma que as principais variáveis envolvidas no sistema. A utilização da modelagem computacional

auxiliará os gestores no processo de tomada de decisão, para gerar o modelo desta pesquisa foram utilizadas as etapas apresentadas na figura 1.

Figura 1 - Etapas do estudo



Fonte: Autores (2018)

Na etapa de definição do problema clareia-se os objetivos a serem alcançados e os possíveis caminhos para a solução do modelo, nesta etapa também se definem as limitações do modelo. A construção do modelo computacional consiste em um conjunto de equações matemáticas, oriundas da lógica entre as variáveis criadas no software Vensim-PLE pelos pesquisadores, com o objetivo de aperfeiçoar a eficiência do sistema objeto de estudo, além de oferecer subsídios para que o tomador de decisão identifique as limitações do mesmo. A solução do modelo é responsável por gerar as variáveis de saída da pesquisa, onde serão utilizadas para analisar os resultados. A avaliação do modelo acontecerá através de planilhas eletrônicas e testes em laboratórios, esta etapa é importante para buscar deixar o modelo com uma maior proximidade ao sistema real, é nesta etapa que as variáveis serão testadas e

analisadas. Após a avaliação o modelo será simulado no software Vensim-PLE e, por fim, a etapa da avaliação final consiste em verificar se o objetivo foi alcançado.

Para realizar a análise dos resultados da simulação computacional, será utilizado o *software* Vensim. Ele possui as características de melhorar os sistemas reais, sendo muito utilizado para desenvolver e analisar modelos de dinâmica de sistemas. Através das ferramentas e suas extensões, apresenta para o usuário uma análise de alta qualidade, com dimensões que absorvem e checam a realidade. Podem-se interligar diferentes variáveis, atribuindo diferentes pesos além de fornecer ao usuário um ambiente para criação de modelos flexíveis. Outro benefício do software é o mesmo ser gratuito, podendo ser utilizado em salas de aula ou em outros ambientes educacionais. O desenvolvimento do modelo será 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.

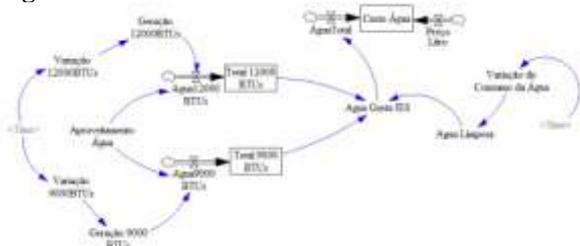
A instituição possui cerca de cem ares condicionados com potência de 120000 BTUs, trezentos com potência de 9000BTUs e outros duzentos em manutenção ou não instalados. Estes não foram considerados para realizar a modelagem. Os aparelhos ficam ligados em média 14 horas diários e aproximadamente 22 dias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

O custo do m³ da água varia bastante, com a Companhia Rio-grandense 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 possui características computacionais e matemáticas, muito utilizados em situações gerenciais onde as grandezas são representadas por variáveis de decisões e as relações entre as variáveis,

por expressões/equações matemáticas (LACHTERMACHER, 2018). O modelo gerado para esta pesquisa é formado por três variáveis de estoque, “Total 12000 BTUs”, “Total 9000 BTUs”, “Custo Água”, que representam as acumulações dos dados em relações a água e ao custo envolvendo o consumo da água. Forma o modelo quatro variáveis de fluxo, “Agua1200BTUs”, “Agua9000BTUs”, “AguaTotals”, “PreçoLitro”. 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 “Variação 12000BTUs” e “Variação 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 2.

Figura 2 - Modelo Desenvolvido



Fonte: Autores (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 1 a seguir.

Quadro 1 - Modelo de equações

| |
|---|
| $\text{Agua12000BTUs} = \text{Aproveitamento Água} * \text{Geração 12000BTUs}$ $\text{Agua9000BTUs} = \text{Aproveitamento Água} * \text{Geração 9000 BTUs}$ $\text{Total 12000 BTUs} = \text{Agua12000BTUs}$ $\text{Total 9000 BTUs} = \text{Agua9000BTUs}$ $\text{Agua Gasta IES} = \text{Agua Limpeza} - (\text{Total 12000 BTUs} + \text{Total 9000 BTUs})$ $\text{Custo Água} = \text{AguaTotal} * \text{Preço Litro}$ |
|---|

Fonte: Autores (2018)

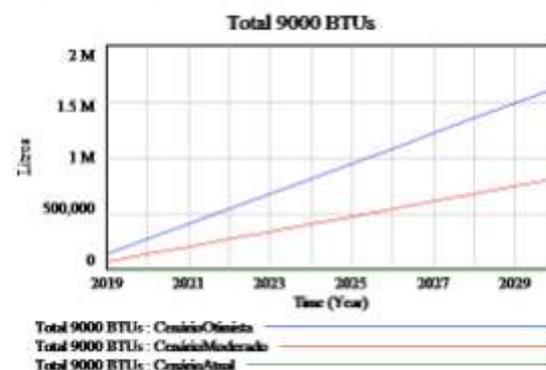
Para analisar o modelo foram gerados três cenários: o primeiro representa o modelo atual, onde a IES não coleta a água gerada dos seus ares condicionados, servindo como base comparativa e possibilitando aos pesquisadores analisarem qual cenário obtém o melhor resultado; no segundo foram geradas duas 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 e o 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 3 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.

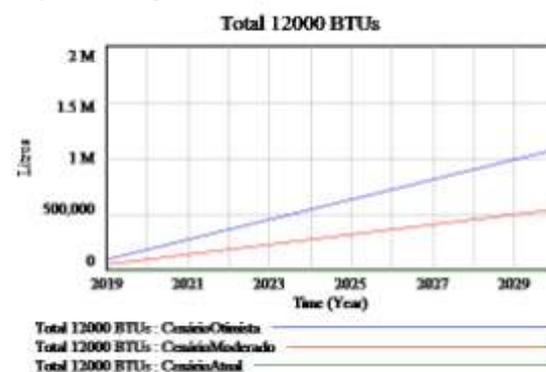
Figura 3 - Água Total 9000BTUS



Fonte: Autores (2018)

A figura 4 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 4 - Água Total 12000BTUS

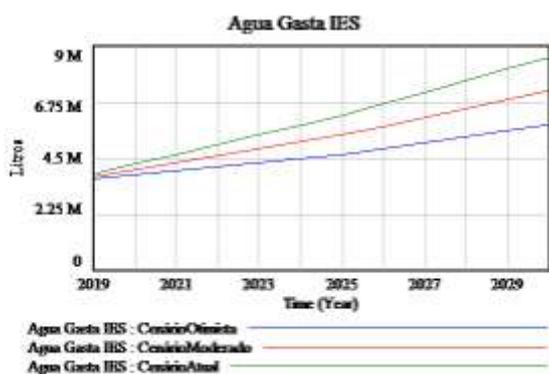


Fonte: Autores (2018)

A figura 5 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.

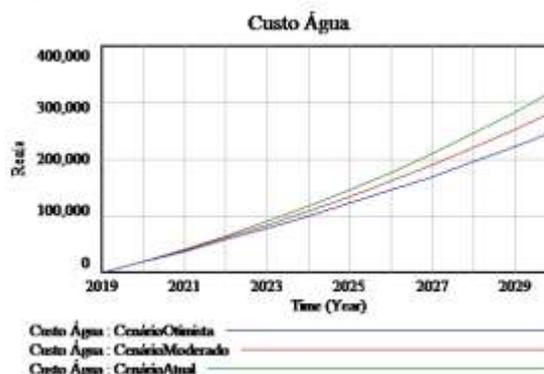
Figura 5 - Água Gasta IES



Fonte: Autores (2018)

Para verificar o gasto gerado pelo consumo de água, gerou-se o gráfico apresentado na figura 6. 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 6 - Custo Total



Fonte: Autores (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.

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.

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.

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 outras 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, além de analisar o viés ambiental, como por exemplo a quantidade de água coletada pelos ar condicionados.

REFERÊNCIAS

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.

BASTOS, C.S.; CALMON, J. L. *Revista Habitat Sustentable*, 01 December 2013, pp.66-74.

BELFIORE, P; FÁVERO, L.P. *Pesquisa Operacional Para Cursos de Administração, Contabilidade e Economia*, Rio de Janeiro, Elsevier, 2012.

BERBET, C. O. O desafio das águas. In: MARTINS, R. C (Org.); VALENCIO; N. F. L. da S. *Uso e gestão dos recursos hídricos do Brasil: desafios teóricos e político-institucionais*. São Carlos: RiMa, 2003.

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

CHRISTOFIDIS, D. Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos. In: THEODORO, S. H. (Org.) *Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais*. Rio de Janeiro, Garamond, 2002.

COSTA, H.L. *Manual Vensim-PLE, Vensim simulation software*. Disponível em: <<http://www.vensim.com>>, 2004. Acesso do em Mai. 2018.

DAELLENBACH, H. G. ;MCNICKLE, D. C. *Management science decision making through systems thinking*, Palgrave Macmillan, New York, 2005.

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.

FORTES, P. D.; JARDIM, P. C. F.; FERNANDES, J. G. Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado. In: XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. XII SEGeT. Porto Alegre/RS, 2015. Anais. Porto Alegre/RS: 28 a 30 de outubro de 2015.

GRASSI, L. A. T. Direita à água. In: FILHO, O. L. de B. (Org.); BOJUNGA, S. *Tempo das águas*. Porto Alegre: Laser Press Comunicação, 2006.

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

LACHTERMACHER, G. *Pesquisa Operacional na tomada de decisões*, 5ª ed, Rio de Janeiro, LTC, 2018.

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

LIMA, Thaís Silva; Candeias, Ana Lúcia Bezerra; Cunha, Maristela Casé Costa. *Bioindicadores e Senso-*

riamento 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.

NORONHA, L.C. Com boa gestão, não faltará água. In: FILHO, O. L. de B. (Org.); BOJUNGA, S. Tempo das águas. Porto Alegre: Laser Press Comunicação, 2006.

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

SENGER, V.A.; Raquel Fernanda Ghellar CANOVA, R.F.G; Leandro Dorneles Dorneles DOS SANTOS, L.D.D; PATIAS, J. O Reúso da Água Gerada Por Climatizadores Para Resolução de Problemas A Partir De Pesquisa-Ação Em Instituição Pública de Ensino Rev. Gest. Ambient. Sustentabilidade, São Paulo, Vol. 7, N. 2 p.322-339 Mai./ Ago. 2018

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.

UNITED NATIONS. Global challenge, global opportunity: trends in sustainable development. Johannesburg: United Nations, 2002.

VENSIM – Ventana Simulations (2018), Vensim simulation software. Disponível em: <<http://www.vensim.com>>, 2018. Acessado em Mai. 2018.

Glauco Oliveira Rodrigues

Possui graduação em Redes de Computadores pela Universidade Federal de Santa Maria (2014). Mestrado em Administração pela Universidade Federal de Santa Maria (2016) e Doutorando pela Universidade Federal de Santa Maria. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Redes de Computadores, participante de pesquisa na área de Sistemas de Informação, Pesquisa Operacional e Sustentabilidade Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: modelagem de sistemas complexos e ambientais.

Marcelo Cassanta Antunes

Possui graduação em Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Santa Maria/RS e em Gestão Pública pelo Centro Universitário Internacional. Também possui MBA em Contabilidade Pública e Responsabilidade Fiscal pelo Centro Universitário Internacional. Atualmente possui cargo de Assistente em Administração na Universidade Federal de Santa Maria/RS.

Eugênio de Oliveira Simonetto

Possui graduação em Análise de Sistemas pela Universidade Católica de Pelotas (1995), mestrado em Ciência da Computação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1998), doutorado em Administração (Área: Sistemas de Informação e Apoio à Decisão) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2004) e estágio pós-doutoral sênior em Produção e Sistemas na Universidade do Minho (Portugal). Atualmente é professor adjunto no Departamento de Ciências Administrativas da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Tem experiência na área de modelagem de sistemas de apoio a decisão.

Elijeane dos Santos Sales

Graduado em Administração pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com Mestrado em Gestão de Organizações Públicas pela mesma Universidade. Atualmente ocupa o cargo de administrador na Universidade Federal de Santa Maria, exercendo a função de chefe do setor de compras de uma unidade universitária da Instituição. Interesse nas áreas ligadas à gestão pública.

Fernando Negrini

Possui graduação em administração pela Universidade Federal de Santa Maria (2010), graduação em Programa Especial de Graduação de Formação de Professores Para A Educação P pela Universidade Federal de Santa Maria (2014) e mestrado em Administração pela Universidade Federal de Santa Maria (2015). Tem experiência na área de Administração, com ênfase em Administração.
