

V-018 - PROPOSTA METODOLÓGICA PARA IMPLANTAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIGs) PARA A GESTÃO DO SANEAMENTO

Thomas Ribeiro de Aquino Ficarelli⁽¹⁾

Doutorando no Programa de Saúde Global e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública – Universidade de São Paulo (FSP/USP). Geógrafo da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e instrutor e criador de cursos sobre geotecnologias na Graltec Treinamentos.

Helena Ribeiro⁽²⁾

Professora Titular da Faculdade de Saúde Pública – Universidade de São Paulo (FSP/USP). Doutora em Geografia Física pela Universidade de São Paulo e Livre Docente em Ciências Humanas pela USP.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Professor Frederico Hermann Junior, 345 – Pinheiros – São Paulo – SP – CEP: 05459-900 – Brasil – Tel: +55 (11) 3133-3839 – thomas.ficarelli@usp.br

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo levantar e se aprofundar quesitos tecnológicos e de capital humano, bem como a participação das partes interessadas (*stakeholders*), na elaboração de projetos de sistemas de informações geográficas (SIGs) para o saneamento, o qual passa por desafios e obstáculos específicos que ocorrem na sua implantação e desenvolvimento. Apesar deste ser um sistema empregado em diferentes setores da economia, é necessário conhecimento específico a respeito dos serviços de saneamento para que essa ferramenta de representação geoespacial seja usufruída de maneira ampla, favorecendo os profissionais do setor de saneamento e, principalmente, a sociedade que vem cobrando melhorias constantes nesses serviços.

O trabalho se baseia em levantamento bibliográfico sobre os temas saneamento e geotecnologias e estudos de caso em que as geotecnologias foram empregadas para soluções na gestão do saneamento. Essa é uma etapa da pesquisa de Doutorado em Saúde Global e Sustentabilidade, a qual terá continuidade com visitas técnicas a companhias de saneamento no Brasil e no exterior.

Como resultado, foi notado que as geotecnologias (softwares, geolocalizadores, GPS, drones, etc.) são mais acessíveis hoje aos profissionais de saneamento, mas que ainda há vasto campo para exploração de suas aplicações nos mais diferentes contextos, cidades e regiões do mundo, mesmo com restritos recursos econômicos e/ou humanos. Ainda, os SIGs de saneamento tendem a unificar cada vez mais informações corporativas, servindo de ferramenta estratégica para integração interna das companhias e dessas com demais órgãos interessados, como os gestores de recursos hídricos e de bacias hidrográficas.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento, Geotecnologias, Sistemas de Informação, Gestão Corporativa.

INTRODUÇÃO

É notável que a informatização automatizada e/ou supervisionada da operação de sistemas de saneamento revolucionou o setor por meio da otimização e agilidade de processos. O desenvolvimento constante da Eletrônica e da Tecnologia da Informação permite que esses processos se tornem ainda mais eficientes e novas aplicações possam surgir a qualquer momento. Os SIGs- Sistemas de Informação Geográfica começaram a ser empregados na gestão do saneamento a partir da década de 1990, quando ainda eram restritos às metrópoles dos países mais desenvolvidos. Hoje em dia, com o advento de softwares gratuitos (*open source*) e a difusão de dispositivos eletrônicos, como os computadores e GPSs, esses sistemas vêm sendo usados praticamente em todo o globo para a gestão do saneamento.

No entanto, pelo fato de cada companhia de saneamento atuar numa determinada região geográfica de condições socioeconômicas e naturais específicas, bem como haver um sistema de gestão particular o qual é reflexo da cultura local e corporativa, os SIGs não são implantados e desenvolvidos da mesma maneira. Deste modo, é esperada uma diversidade enorme de aplicações e obstáculos para melhorias, ao analisar a maneira como cada companhia busca representar o espaço geográfico de sua área de atuação, de seus sistemas de

saneamento e quais aplicações buscam realizar com essas informações geográficas, para se aproximar de suas respectivas estratégias. Esses critérios são adotados, conforme a afirmação de Christofolletti (2007), ao caracterizar que tais modelos de representação são aproximações altamente subjetivas, por não incluírem todas as observações ou medidas associadas, mas são valiosos por obscurecerem detalhes acidentais e por permitirem aspectos fundamentais da realidade (...) deve-se salientar que não é a realidade em si que se encontra representada, mas sim a nossa visão e a maneira de como percebemos e compreendemos essa realidade.

Shamsi (2005) fez um levantamento a respeito das companhias de saneamento nos Estados Unidos sobre principais vantagens e desvantagens que os SIGs podem oferecer aos gestores desse serviço. Dentre as vantagens, destacam-se:

1. Economia de tempo, de recursos e de dinheiro;
2. Interoperabilidade e desenvolvimento dos SIGs para novas aplicações e plataformas;
3. Potencial para integração de sistemas de informação;
4. Oferta de estrutura informática para suporte de decisão;
5. Meio de comunicação eficaz;
6. Numerosos tipos de aplicações.

Como desvantagens, foram elencados:

7. Custos altos para sua implantação em âmbito corporativo;
8. Excesso de dados armazenados.

Para a identificação dessas diferenças que possam surgir na análise de um SIG e identificar as potencialidades de sua aplicação, foi elaborado um modelo baseado na realidade do saneamento. Trata-se de um modelo aberto e flexível aos diferentes contextos geográficos e corporativos, o qual serve de subsídio para compreensão de fatores que possam estar interligados e de processos que podem ser unificados e representados por informações geográficas. Este modelo será aplicado em visitas técnicas a companhias de saneamento no Brasil e no exterior para levantamento de aplicações, soluções e desafios em relação aos SIGs corporativos e informações geográficas de interesse, no âmbito de pesquisa de Doutorado.

MATERIAS E MÉTODOS

O levantamento de informações para a construção desse modelo tiveram duas etapas:

Levantamento e revisão bibliográfica: O levantamento de informações para essa pesquisa se baseia em levantamento bibliográfico de artigos disponíveis nos portais Periódico CAPES e Scielo, de revistas conceituadas na área de Engenharia Sanitária, Geomática, Gestão Ambiental, e de documentos institucionais de órgãos gestores de águas e serviços de saneamento ao redor do mundo. Até o momento, foram levantados 100 documentos e artigos, provenientes de 32 países, nos 5 continentes, os quais tratam de aplicações de SIGs desde sua conceituação, até a aplicação para saneamento, recursos hídricos e mapeamento de doenças de veiculação hídrica. As propostas do guia *Project Management Body of Knowledge – PMBOK* (PMI, 2000), recomendado para gestão de projetos, foram contempladas, visando sobretudo à questão das partes interessadas e das atribuições e responsabilidades, bem como em outros textos relacionados à gestão corporativa e governança dos serviços de saneamento.

Entrevistas: Foram realizadas dez entrevistas com profissionais na cidade de São Paulo – SP, da área de geotecnologias, saneamento, de ambas as áreas e de meio ambiente (com foco em recursos hídricos), dentre eles usuários e gestores de SIGs. As informações levantadas foram as seguintes: perfil profissional, experiências com SIGs, armazenamento e compartilhamento de informações, integração da área de atuação com as demais áreas/funcionários da empresa, problemas e obstáculos enfrentados no desenvolvimento em projetos de mapeamento e perspectivas futuras das geotecnologias, das aplicações para o saneamento e da gestão dos sistemas de informação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi, inicialmente, desenvolvido um modelo para analisar aspectos macro contextuais do SIG de saneamento, pelo qual é possível identificar e orientar assuntos de interesse, promover articulação em âmbito interno e externo às instituições gestoras do sistemas de saneamento e representar, de forma ampla, a realidade geográfica, estruturas hidráulicas e recursos hídricos de sua área de atuação. Ainda, buscou-se, por meio deste, romper com o estereótipo de que os SIGs devem permanecer isolados em departamentos ou em hierarquias rígidas, que desestimulam a integração de equipes e projetos. Considerando-se a alta capacidade de integração e a interoperabilidade dos SIGs, não há como conceber sistemas digitais integrados se não há integração entre as pessoas e as partes interessadas.

Em relação aos artigos levantados, foi criado um mapa ilustrativo com a localização de onde foram produzidos os documentos analisados, com o objetivo de conferir a viabilidade da aplicação do modelo para realidades geográficas distintas e identificar demandas e prioridades mais específicas. Observa-se na figura 1 que áreas bastante distintas do globo foram contempladas.



Figura 1: Mapeamento com local de estudo dos artigos e documentos que oferecem embasamento a essa pesquisa.

O modelo foi elaborado considerando 4 frentes, cada uma subdividida em 3 variáveis e 2 eixos, que conectam cada uma das duas frentes Além da infraestrutura urbana e dos sistemas de saneamento, existem conceitos mais abstratos que também acabam refletindo na presença/ausência de dados, nas operações e na gestão do SIG, como fatores econômicos, sociais, políticos e principalmente os culturais.

Primeiramente, será apresentado o eixo Geografia – Tecnologia, o qual se refere à relação entre realidade e realidade representada. Em segundo, será apresentado o eixo da relação Gestão – Operação dos sistemas de saneamento.

1. Geografia: Deste tópico parte toda a modelagem conceitual e necessidade de um SIG. Aqui é tratada a realidade em si, independente de sua representação digital. O levantamento da geografia e de suas condições hidrometeorológicas, ambientais, demográficas, culturais, topográficas e econômicas são fundamentais para que sejam elencadas minimamente as diferenças da presença/ausência dos serviços de saneamento, a qualidade desses serviços e a satisfação da população local.

Três variáveis fundamentais para o conhecimento dessa frente são:

1.1. Formação socioespacial: É necessário este conhecimento da realidade urbana e rural, sua heterogeneidade, satisfação da população quanto aos serviços de saneamento e conhecimento de ocupações irregulares em condições precárias. Pelo fato do saneamento estar diretamente associado à qualidade de vida da população, e, tendo em vista que os serviços podem ser prestados de maneira desigual sobre a área de atuação de uma mesma companhia, compreender as demandas e as diferenças é fundamental para estabelecer diretrizes, estratégias e prioridades, na busca da universalização e da manutenção técnica e financeira dos sistemas de saneamento.

Além disso, saber o grau de antropização possibilita o diagnóstico e avaliação da pressão sobre o meio ambiente e os recursos naturais. Assim, mapeamentos de uso e ocupação do solo, diferenças socioeconômicas entre bairros e comparações entre áreas atendidas e não-atendidas (bairros, sub-bacias hidrográficas, distritos, etc.) podem apresentar o real impacto que o saneamento traz para esses locais e o grau de salubridade dos recursos hídricos.

Exemplos de aplicações: Priorização de bairros para implantação de redes de água ou esgoto, conforme índices socioeconômicos; planejamento urbano; mapeamento de fraudes; instalação de agências para atendimento ao cliente; mapeamento de reclamações dos clientes conforme endereço.

1.2. Clima e recursos hídricos: De acordo com Porto (2012), conhecer a possibilidade de ocorrência no tempo e no espaço do escoamento da água em uma bacia hidrográfica é importante para a solução de problemas relacionados às múltiplas demandas sociais e econômicas, além do dimensionamento de estruturas hidráulicas, as medidas contingenciais para controle de inundações, a operação de reservatórios e o gerenciamento dos recursos hídricos de forma geral.

Junto aos recursos hídricos, questões referentes às características físicas da bacia hidrográfica, como topografia, geologia, solo e vegetação também devem ser observados, dado que estas são diretamente associadas à distribuição, qualidade e quantidade de água existente na bacia. Guerra & Marçal (2006) enfatizam que o estudo da dinâmica do relevo e dos solos é útil para a construção de redes de esgoto e de dutos, para os quais são necessárias obras de escavação e intervenção preservando estabilidade de encostas. Um projeto mal executado traz consequências danosas para o meio físico e, consequentemente, para a população de entorno, que poderá ser impactada. Os aspectos do clima local também são de extrema importância para quaisquer estudos de recarga dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, cujos pontos de monitoramento podem ser identificados e gerenciados sobre plataformas SIG, também.

Exemplos de aplicações: Escolha de novo ponto de captação; demarcação de limite de bacias hidrográficas; piezometria e distribuição da água tratada conforme topografia; previsão de recarga de águas conforme previsões climáticas e estudos de impacto ambiental.

1.3. Saúde Global: Este conceito parte do princípio que a saúde é um bem público e global, cujo objetivo é tornar este um bem que não seja concorrencial, e que não haja rivalidade. Isto é, a saúde de uma pessoa não pode se dar às expensas da exclusão de outras pessoas. Em contrapartida, é necessário compreender que, apesar da globalização atingir direta ou indiretamente qualquer espaço e pessoa do planeta, isso não significa que seus reflexos e consequências atinjam a todos de igual maneira e que tenham as mesmas repercussões em todas as regiões (Fortes & Ribeiro 2014, 2013).

A Organização das Nações Unidas (ONU) vem reconhecendo, recomendando e, em certos casos, até mesmo exigindo que mais informações georreferenciadas sejam disponibilizadas para monitoramento e acompanhamento do cumprimento das Metas do Milênio, inclusive para saneamento e saúde pública. No documento *UN Water Analytical Brief – Wastewater Management* (ONU, 2015), mencionou-se que, nas últimas décadas, houve mudanças no modo em que dados são coletados e analisados e, em resposta, as iniciativas atuais precisam incorporar novas fontes de dados, inclusive tecnologias de Sensoriamento Remoto e de SIGs. No documento *The Millennium Development Goals Report - 2015* no qual foi feita uma análise geral do atendimento às metas do milênio no ano de 2015, foi relatado que uma das dificuldades encontradas para se

atender às metas é o seu monitoramento e acompanhamento em cada parte do mundo, por meio dos dados disponíveis. Nesse aspecto, destacou-se a importância de se obter dados georreferenciados (geoespaciais), visto que estes, ultimamente, têm dado suporte a tomadas de decisão, desenvolvimento de estratégias prioritárias e monitoramento de resultados, para assuntos que vão da saúde pública à gestão dos recursos naturais.

Entendendo-se a Saúde e, respectivamente, o Saneamento Básico como direitos, independentemente do contexto ou país dos indivíduos, Andreoli e col. (2012) afirmam que, no nível tecnológico em que nos encontramos hoje em dia, o saneamento básico é considerado um pré-requisito para a urbanização, pois o cotidiano das pessoas é diretamente influenciado pelas condições de oferta desses serviços, pelo conforto representado pela disponibilidade de água nas residências, a coleta e o tratamento dos esgotos, lixo, o manejo de águas pluviais, e pela segurança contra as cheias, etc.

Os SIGs podem ser usados para o mapeamento de incidência de doenças associadas à carência de serviços de saneamento ambiental e oferecer subsídio para intervenções específicas de estrutura e de comunicação à população. Considerando-se que as epidemias urbanas foram as maiores motivadoras da implantação de sistemas de saneamento, é sempre necessário vincular o saneamento a ações de saúde pública, visto que, frequentemente, deficiências e soluções podem estar interligadas.

Exemplos de aplicações: Mapeamento de incidência de doenças de veiculação hídrica; comparação de custos com saneamento e saúde pública por distrito; modelagem de risco de proliferação de mosquitos vetores ocasionada por más condições de saneamento; lançamento de efluentes em áreas afastadas das populações humanas; campanhas comunitárias de conscientização e cuidados com a água.

2. Tecnologia: Os SIGs necessitam de uma série de hardwares e de softwares para existirem e funcionarem. São nos computadores, *devices*, servidores e plataformas digitais que ocorre a interface cibernética entre usuários, gestores, bem como o envio e recebimento de dados e execução de operações. Para essa frente, foram elencadas três variáveis fundamentais, para aplicações em âmbito corporativo:

2.1. Geotecnologias: Atualmente existe uma série de equipamentos a serem usados em campo para a medição de coordenadas, como o GPS manual, GPS geodésico, *total station*, veículos aéreos não-tripulados (drones) ou mesmo leituras de terreno mediante laser (LIDAR) de altíssima precisão. Além dos equipamentos, as plataformas digitais cartográficas sobre as quais são lançadas essas informações irão orientar o modo como essas serão visualizadas e trabalhadas pelos usuários, o que demanda uma análise bastante criteriosa da escolha do(s) software(s) para a companhia.

A obra de Shamsi (2005) reflete grande esforço em analisar a interface entre os serviços de saneamento e as geotecnologias, o que a tornou uma das maiores referências sobre este assunto. Durante os últimos 10 anos, o barateamento das tecnologias citadas por ele para medições de coordenadas in-loco e, principalmente, dos programas de código livre (*open source*) e outros programas gratuitos, como o *Google Earth*, converteram a informação geográfica de iguaria para necessidade. Portanto, o acompanhamento das geotecnologias e de suas aplicações para o saneamento deve ser feito constantemente, pois novas aplicações estão surgindo a todo momento.

Exemplos de aplicações: padronização de equipamentos e licitação em larga escala para a companhia; escolha do software e se comercial ou livre (*open-source*); padrões cartográficos; contrato para aluguel de equipamentos ou serviços mais sofisticados; identificação de processos georreferenciáveis no âmbito corporativo.

2.2. Sistemas Digitais: O armazenamento e compartilhamento de arquivos, a página de internet da instituição, os softwares empregados pela companhia, o administrador do sistema, os direitos de usuários conforme tipologia, os outros sistemas corporativos e os processos automatizados e registrados em banco de dados são alguns dos elementos que compõem os sistemas digitais. Muitas vezes, informações produzidas numa companhia podem ser convertidas em informações geográficas e análises espaciais complexas podem exigir

informações que se encontram em outros sistemas corporativos, os quais podem ou não dialogar com o sistema digital de saneamento, direta ou indiretamente.

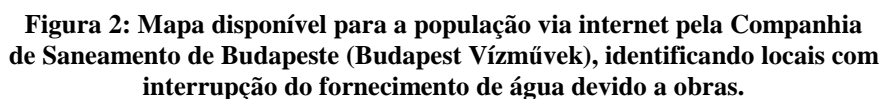
A interoperabilidade é recurso importante, visto que uma gestão eficiente pode otimizar e reduzir radicalmente processos corporativos em todos os setores da economia, inclusive no saneamento. Na definição da *Cloud Standard Customer Council* (2014), a interoperabilidade deve ser vista como a capacidade de computação em nuvem públicas, privadas e outros sistemas corporativos em entender as aplicações e serviços entre eles, formas de autenticação e autorização, formato de dados, com o objetivo de cooperarem e interoperarem entre si.

Assim como os outros sistemas digitais, os SIGs também são altamente influenciados pela maneira como a companhia gerencia informações e a estrutura organizacional. Nem sempre a interoperabilidade depende somente da boa intenção de gerentes e funcionários em integrar informações. Nesse caso, uma análise da gestão de TI – Tecnologia de Informação junto à capacidade dos sistemas digitais deve ser feita, para levantar necessidades para mudanças em servidores, softwares, hardwares, formatos de arquivos, dentre outros que impactem diretamente no SIG, caso objetivos mais ambiciosos passem por ele.

Exemplos de aplicações: Formatação de dados e interoperabilidade; integração entre sistemas; gestão do servidor / datacenter; Setor corporativo de Tecnologia da Informação como parte interessada nos projetos SIG.

2.3. Ciências da Informação: Uma vez que os SIGs e demais sistemas digitais disponibilizam dados e oferecem ferramentas para a manipulação desses, o passo seguinte é identificar quem serão os usuários de tais informações e qual o conhecimento e a capacidade deles de compreender de maneira profunda os mapas digitais. A linguagem cartográfica, a textual e a numérica dialogam simultaneamente sobre a plataforma SIG e elas devem abranger a maior quantidade e diversidade de públicos.

Um exemplo dessa aplicação foi a realizada pela Companhia de Saneamento de Budapeste – Hungria (Budapest Vízművek) para informar a população, via internet, sobre a localização das obras e, consequentemente, sobre impedimento de trânsito, interrupção do fornecimento de água ou provável problema de abastecimento. Nessa plataforma, usou-se como base o mapa do Google Maps, o qual previu-se ser bastante familiar aos olhos dos clientes e a simbologia usada é enxuta e objetiva, complementada por informações sobre horários de intervenção e telefone do responsável pela obra. Um exemplo de tela pode ser observado na figura 2:



Exemplos de aplicações: Modelagem conceitual e definição de atributos por objeto espacial; visualização dos dados e simbologias; análise do conhecimento cartográfico dos funcionários e usuários do website; seleção e disposição de informações geográficas à população; arquitetura da informação da plataforma cartográfica compartilhada.

3.1. Cultura Organizacional: Todo momento em que pessoas são agrupadas num espaço-tempo, naturalmente, há uma troca entre elas e o que as une é um objetivo em comum. A troca de informações, o estabelecimento de regras, as amizades e conflitos em diferentes escalas, poder e hierarquia, o planejamento estratégico, a forma de enxergar o mundo externo e a concorrência, dentre outros elementos, definem a cultura de uma companhia e cada um de seus setores. De acordo com Crozatti (1998), a cultura organizacional, entendida como o conjunto de crenças, valores e princípios partilhados pelas pessoas em uma organização, sofre interação direta do modelo de gestão, em razão do poder exercido pelos principais gestores da organização.

Devido aos SIGs terem ampla capacidade de integração, uma cultura interna conflituosa ou cooperativa irá impactar diretamente em seu desenvolvimento e demais projetos futuros. O departamento e subordinação da área de SIG na empresa também será variável e isso refletirá em quaisquer projetos vindouros de mapeamento, por eles dependerem, frequentemente, de usuários de outras áreas da companhia. Portanto, esta variável irá indicar a motivação pessoal dos funcionários, a curiosidade e o incentivo da companhia para ousar em projetos mais desafiadores e ambiciosos.

Exemplos de aplicação: Compartilhamento de informações geográficas entre departamentos; reestruturação dos sistemas digitais; priorização de projetos de mapeamento; limitações/ampliação de uso por conflito ou compatibilidade de interesses entre setores; incentivo interno à troca de informações e conhecimento.

3.2. Capacitação e inovação: O uso de um sistema, desde o início de sua implantação a todo o seu desenvolvimento futuro, será proveitoso somente se os funcionários e demais usuários tiverem conhecimento de suas funções e souberem como estas podem contribuir no trabalho do dia a dia. É comum, em companhias, haver uma minoria de profissionais responsáveis por análises espaciais mais complexas e uma grande leva de usuários que, em geral, fazem tarefas simples de visualização de dados. A associação de capacitação e inovação como uma única variável foi definida pelo fato de não ser viável inovar processos e atividades numa companhia se o seu corpo técnico não for capacitado em incorporar esses conhecimentos e ferramentas no seu dia a dia.

Na interpretação de Araújo & Garcia (2009), as principais razões que levam qualquer empresa ao processo de treinar e desenvolver seu pessoal podem ser inúmeras, porém, a principal delas, levantada para essa pesquisa, seria a modernização da organização, a qual remete a novas tecnologias que serão implementadas e carência do domínio desta pelo corpo técnico, o qual deverá se adaptar a essa nova realidade. Ainda, enfatizam que tal mudança deva ser acompanhada de perto, visto que os funcionários que não a acompanharem poderão se sentir deslocados, ou o investimento em capacitação não trazer o retorno previsto para otimização de tarefas.

A abertura da companhia frente aos potenciais das geotecnologias estará relacionada a esse processo, em sua implantação e toda vez que novas demandas surgirem, como digitalização de plantas, cálculos, análises espaciais e aquisição de novos dados.

Uma gestão ineficiente do pessoal poderá implicar em atrasos e limitações de uso da ferramenta. Há casos em que técnicos da operação estão habituados a realizar as mesmas tarefas sobre um SIG, sob demanda mínima de inovação ou otimização de processos, em longo prazo. Ainda, dificilmente diretores com conhecimento mínimo de geotecnologias serão capazes de solicitar mapeamentos de alta complexidade, que poderiam ser extremamente úteis para a companhia. Portanto, além das campanhas de capacitação por meio de cursos, o aprendizado e capacitação podem ocorrer por meio informal na companhia, desde que a comunicação seja recíproca, bem como capaz de permear horizontalmente para outros departamentos e verticalmente pelas hierarquias, sendo que a abertura para isso dependerá da cultura organizacional.

Esta variável é estratégica em todas as etapas de projetos para SIGs, visto que o conhecimento do corpo técnico refletirá diretamente na qualidade, complexidade, cumprimento prazos, custeio e comunicação dos projetos.

Exemplos de aplicação: Campanha de cursos de capacitação; incentivo à participação dos funcionários em eventos, congressos, palestras e meio acadêmico; abertura para capacitação individual conforme demanda específica do funcionário e departamento; desenvolvimento de projetos de inovação junto a entidades externas; financiamento de projetos-piloto e gratificação aos participantes.

3.3. Finanças e investimentos: Esta variável acompanha o SIG desde o capital inicial para a digitalização de informações geográficas até o contínuo investimento para melhorias constantes do sistema e projetos correlatos. Serve, também, para medição de seu custo-benefício, baseado em tempo de execução, utilização da tecnologia pelos funcionários e atingimento de metas. Antes do início de qualquer projeto e a depender de seu custeio, é necessário comprovar, em âmbito corporativo, os benefícios que eles trarão na redução de custos e

na otimização de processos, para torná-lo convincente às partes interessadas internas e aos investidores e acionistas externos.

A ausência de dados formais a respeito dos custos e da perspectiva de retorno desses projetos pode desencadear dúvidas, ou mesmo reprovação, por parte das outras áreas da empresa e, quanto menor for o conhecimento dos demais funcionários sobre geotecnologia, maior será a probabilidade disso ocorrer. Para isso, existem estudos como o ROI (*Return of Investment*) no qual é mensurado todo tipo de economia que pode ser oferecido por um SIG. Um exemplo é o cálculo do tempo que um funcionário da empresa demoraria para acessar determinada informação e quanto tempo foi economizado para este fim com a plataforma SIG; quais outros recursos seriam poupados com a obtenção dessa informação; como o SIG pode colaborar no monitoramento de fraudes e perdas no sistema, bem como agilizar o atendimento em campo. Num projeto, esses elementos deverão ser apresentados com clareza e acompanhados de orçamento, dos potenciais fornecedores e prestadores de serviços, e da informação de qual será a contribuição para as ações estratégicas da companhia, de maneira que seja compreendida pela maior parte dos funcionários.

Um estudo de caso nesse sentido foi feito no Distrito de Esgotamento da Metrópole de Milwaukee – Estados Unidos, para obtenção de informações sobre construções e estruturas hidráulicas com o uso de sensores laser (LIDAR) e *Building Information Modelling* (BIM). A partir disso foi possível criar mapas 3D dessas estruturas, as quais ficaram disponíveis aos funcionários da companhia por meio do SIG corporativo. O vice-presidente associado da área de soluções tecnológicas afirmou que sobre a plataforma SIG foi possível unir informações que antes se encontravam em departamentos distintos na companhia e a visualização unificada delas possibilitou economia de tempo, de dinheiro, mudança de prioridades e maior autonomia dos departamentos (ESRI, 2013).

Exemplos de aplicação: Elenco dos processos que serão otimizados; agilidade na aquisição das informações; visão panorâmica e em tempo real da operação dos sistemas de saneamento; redução de custos com materiais ou com funcionários; relação entre investimentos em capacitação interna e autonomia perante consultorias e prestadoras de serviço.

4. Saneamento: Neste item está a atividade fim das outras nove variáveis observadas. Esta frente determina quais são as operações de rotina, planejamento de ações e de empreendimentos, em diferentes prazos, as estruturas hidráulicas, estações de tratamento e bombeamento, integração de sistemas e representação de áreas de distribuição de água e de coleta de esgoto. O desempenho de um SIG nesse contexto estará diretamente atrelado à prioridade do saneamento em relação às demais políticas públicas e do interesse civil, independentemente desta estar ligada a interesses municipais, estaduais ou federais, bem como em sua regulamentação, na busca de melhor atendimento dos serviços de saneamento. Três variáveis representativas desta frente foram levantadas:

4.1. Sistemas de saneamento: Este pode ser entendido como o conjunto de estruturas hidráulicas que possibilitam a chegada de água ao cliente final e que, depois, de usada por este, ela possa escoar até um corpo d'água para lançamento. No caso dos sistemas de abastecimento, esgotamento e drenagem públicos, esta variável se refere também às estações de tratamento, estações elevatórias, reservatórios, pontos de captação, adutoras, ramais, tampas de esgoto, dentre outras estruturas. O conhecimento da localização dessas estruturas é fundamental para qualquer iniciativa referente ao monitoramento, manutenção e planejamento futuro, conforme as mudanças urbanísticas e demográficas que ocorrem nas cidades, mesmo num intervalo de 24 horas.

Ressalta-se que esta variável, em companhias brasileiras, costuma ter o nome de Cadastro Técnico vista a concentração na representação precisa das estruturas sobre o meio digital. Nas palavras de Camargo (1997), o cadastro técnico deve ter por objetivo manter e atualizar as informações geradas pelas áreas de planejamento, projetos, obras, operação e manutenção das redes. Devido aos erros que podem ocorrer com a entrada dessas informações, ele ressalta que os indivíduos responsáveis pela entrada e saída de dados nem sempre possuem conhecimento sobre o assunto específico tratado, sendo necessário um exame periódico por um especialista altamente capacitado.

Além da localização das estruturas, os SIGs podem fazer relação desses objetos com bancos de dados contendo atributos relacionados a dimensionamento, ano de implantação, técnico/setor responsável, equipamentos e componentes, material e ainda conectá-los a *hyperlinks* e apresentar outros arquivos como plantas, instruções de uso, fotografias e laudos de vistoria.

Exemplo de aplicações: Cadastro subterrâneo das estruturas da companhia e de terceiros; cadastro imobiliário; localização ideal de novos empreendimentos (reservatórios, adutoras, redes, poços etc.); escolha de material para obras hidráulicas conforme aspectos geológicos, e respectivo custo-benefício e substituições conforme vida útil da estrutura em ruas e distritos.

4.2. Operação: Uma vez que as estruturas que compõem os sistemas de saneamento estão mapeadas, o passo seguinte é o acompanhamento em tempo real dos eventos e interferências, como o andamento de obras, vazamentos, serviços de manutenção, amostragens de qualidade da água, medição de vazões e pressão, atendimento ao cliente e contenção de emergências. Esses dados podem ser georreferenciados e fornecer um mapa panorâmico da situação do serviço em toda a área de atuação de uma companhia.

Uma aplicação bastante divulgada nesse sentido é o controle de perdas no abastecimento. De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES, as perdas podem ser subdivididas em dois tipos: as perdas aparentes, decorrentes de fraudes e falhas de cadastro ou erros de medição; e as perdas reais, ocasionadas principalmente por vazamentos, ou por perdas em processos, como o tratamento de água (ABES, 2013). Quando os pontos georreferenciados de perdas registrados na série histórica se concentram sobre determinadas estruturas, é um sinal de que essas necessitem de substituição, ou então fraudes e ligações ilegais estão acessando diretamente as águas da rede. A Companhia de Saneamento Básico de São Paulo – SABESP realiza, constantemente, esse mapeamento sobre a plataforma SIGNOS (SIG no Saneamento), conforme a figura 3.

Ainda, devido à capacidade do SIG propiciar compreender relações topológicas entre objetos de conectividade, convergência, continuidade e compacidade, é possível identificar quais áreas num sistema poderão ser comprometidas, em decorrência de obras emergências, acidentes, fechamento de válvulas e vazamentos. Para o saneamento, a intervenção sobre uma estrutura, ou a abertura/fechamento de uma válvula podem alterar o andamento do abastecimento ou da coleta de esgoto num determinado local e, por meio de uma análise de tais relações, é possível conferir quais clientes sofrerão impacto.

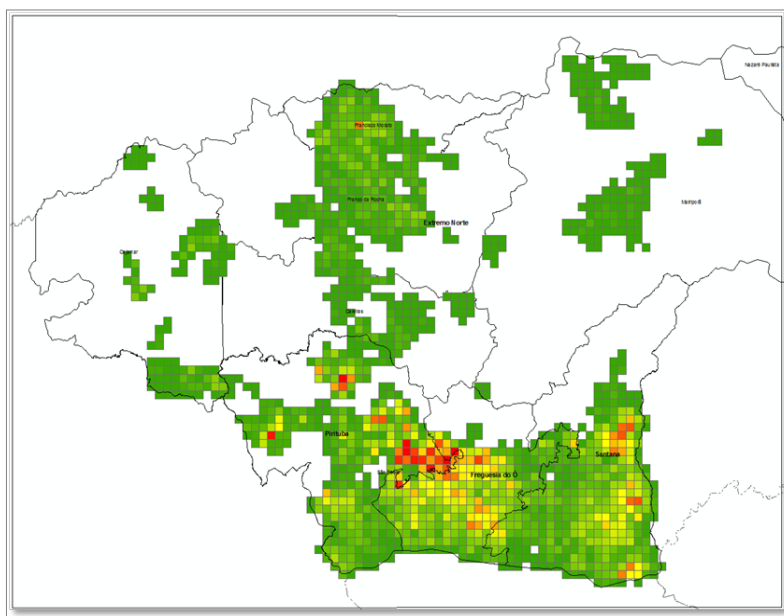


Figura 3: Espacialização das ligações com histórico de irregularidades no norte da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) para redução das perdas aparentes, feita com o SIG corporativo da SABESP (SIGNOS).

Exemplo de aplicações: Monitoramento da distribuição de água; mapeamento de vazamentos e perdas; obras e interferência no trânsito e vizinhança; capacidade dos sistemas para receber novas ligações; alocação das equipes de campo por distrito, e; monitoramento da qualidade da água nas diferentes etapas dos sistemas de saneamento.

4.3. Políticas de saneamento: Nesta pesquisa não foi identificado nenhum caso de companhias de saneamento ou órgãos reguladores de recursos hídricos que atuasse independentemente das decisões de governo. Mesmo companhias constituídas de capital 100% privado necessitam da aprovação do governo local, o qual regulamenta e concede o direito à prestação desses serviços. Portanto, não há como dissociar saneamento da esfera governamental, da influência das políticas públicas e dos políticos nas tomadas de decisão, pelo fato da água ser um bem naturalmente público e necessário para a vida e atividades humanas.

No Brasil, em 2011, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE publicou o Atlas do Saneamento, o qual teve por objetivo fornecer informação atualizada sobre um tema crucial da agenda da saúde pública, da sustentabilidade e da própria cidadania na sociedade brasileira. A elaboração dos mapas apresentados teve como proposta destacar, em escala regional, as diferenças existentes na abrangência geográfica dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e de águas pluviais. O documento foi elaborado com parceria do Ministério das Cidades, na época, tendo em vista a necessidade de uma leitura geográfica e estatística para traçar prioridades regionais, políticas públicas, projetos e financiamento (IBGE, 2014)

Ainda no Brasil, desde 2007, está vigente o Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB - lei 11.445/2007) pelo qual estabeleceu-se uma série de metas, objetivos e diretrizes para homogeneizar, no território, o direito ao acesso a este serviço, bem como prezar pela sua qualidade. Apesar do plano não estabelecer quantitativamente os passos e prazos a serem cumpridos, foram elencados para esse artigo alguns itens citados que dependem do levantamento de dados, que podem ser cartografados e calculados sobre SIGs. Destaca-se o artigo 19 desta lei, no capítulo IV – planejamento, que diz “A prestação de serviços públicos de saneamento básico observará plano, que poderá ser específico para cada serviço, o qual abrangerá, no mínimo(...)”. Observa-se que os serviços públicos devem atender às seguintes premissas, conforme a tabela 1, pelas quais buscou-se explicar como os SIGs podem facilitar o processo.

Tabela 1: Incisos do artigo nº19 da lei 11.445/2007 e correlação com SIG

| Incisos | Aplicações em SIGs |
|--|---|
| I - diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas; | Mapeamento dessas variáveis nas diferentes áreas urbanas e elaboração de mapas que sintetizam essas informações. |
| II - objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas, observando a compatibilidade com os demais planos setoriais | Frequentemente esses objetivos estão associados à ampliação do atendimento espacial das redes de água, esgoto e drenagem, cuja área de influência pode ser mapeada |
| III - programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento; | O saneamento influencia diretamente em outras esferas do governo como o meio ambiente e a saúde pública. As ações podem ser integradas e nos SIGs pode-se observar a sobreposição |
| IV - ações para emergências e contingências; | Com o SIG, o conhecimento da área que será impactada por uma determinada emergência facilitará o trabalho dos operadores e campanhas de comunicação que forem necessárias para esclarecimentos ou colaboração da população terão um palco mais específico |
| V - mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas. | As ações sobre um território podem ser georreferenciadas, como o atendimento a emergências, a ampliação das redes, população e economias alcançadas, consumo médio por cidadão e por distrito, etc. |

A variável político-governamental expande as informações locais para uma escala maior, atingindo os interesses dos gestores de bacias hidrográficas, governos regionais e o nível nacional. A priorização regional para investimentos em saneamento depende dessas informações e é muito importante que as companhias de saneamento tenham conhecimento de sua área de atuação e dos gargalos no atendimento à população, para justificarem a submissão de projetos para investidores, bancos, ministérios e outras esferas superiores, principalmente quando tiverem por base o cumprimento de políticas públicas, legislação e planos de governo.

Exemplos de aplicações: Mapeamento de índices de saneamento por distritos censitários ou municípios; planejamento integrado de recursos hídricos em áreas inter-regionais; monitoramento do alcance de metas por unidade territorial; priorização de investimentos para regiões, conforme demandas específicas para o saneamento.

ESQUEMATIZAÇÃO DO MODELO

Um projeto em SIG, que observe as 12 variáveis propostas nesse texto, terá alto potencial de atender às expectativas de uma vasta gama de partes interessadas, que incluem operários, gestores, órgãos de meio ambiente e de recursos hídricos e, principalmente, a população que demanda serviços de saneamento com eficiência. A visão holística da plataforma SIG e de suas aplicações tem por objetivo abrir portas para desafios mais complexos, que envolvem o compartilhamento e integração de áreas e pessoas, dentro de uma mesma companhia e fora dela. Nesse sentido, todas as variáveis descritas neste artigo foram reunidas num modelo para dar subsídio a gestores e usuários de SIG, bem como as outras partes interessadas envolvidas, ou que poderiam se envolver, no desenvolvimento de projetos.

O modelo construído para essa proposta teve uma concepção geométrica bidimensional. Considerando-se que os projetos SIG devem ter uma visão em 360°, para que suas aplicações sejam maximizadas com visão das partes interessadas, foi utilizado um círculo para representá-lo e as quatro frentes foram representadas por um

retângulo, como se cada uma fosse uma dimensão, ou um plano, sobre a qual as variáveis se interagem antes de criar corpo. Ainda, as variáveis convergem num mesmo ponto, indicando a necessidade de convergência de interesses e ações que resultam na influência desta frente, dimensão ou plano no projeto SIG. O modelo se encontra na figura 4 a seguir:



Figura 4: Esquematização do modelo

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os projetos em SIGs já comprovaram sua importância para o saneamento e as variáveis e frentes apresentadas devem ser consideradas para ampliar seu potencial, não só na etapa de implantação dos SIGs corporativos como em quaisquer projetos que utilizem essas plataformas. As pesquisas e projetos deverão focar na contribuição de novas aplicações de geotecnologias e na correlação com a estrutura organizacional onde são gerenciados, de modo que mais partes interessadas sejam agregadas e que horizontes de longo prazo tornem-se concebíveis e mais frequentes. Os SIGs têm uma capacidade ilimitada em seu contínuo desenvolvimento, mas, para isso, é preciso ampliar o limite dos indivíduos e das instituições para se integrarem em novos projetos e reduzirem custos, maximizarem ações e demonstrarem profissionalismo e eficiência à população atendida.

Assim, concluiu-se que o SIG de saneamento deve ser pensado muito além de sua plataforma digital e os usuários e partes interessadas são centrais nas aplicações que dependerão de informações geográficas. O modelo proposto convida outras áreas a participarem e reconhecerem a importância dos SIGs para a corporação como um todo e não somente para o determinado setor onde o SIG é gerenciado ou certo projeto é conduzido. Conflitos e desarmonias nesses projetos podem provocar atrito, lentidão ou mesmo inviabilidade de implementação, pelo fato das partes interessadas não entenderem as prioridades dos demais participantes. Neste modelo, busca-se a ruptura da incompreensão e a convergência para a cooperação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C.V. E col. A interdisciplinaridade como estratégia para a ecoinovação no saneamento. In: Philippi, A. E Galvão, A. C. (org) Gestão do saneamento básico – abastecimento de água e esgotamento sanitário. Manole, 2012. P. 197-240. São Paulo.
2. ARAÚJO, L.C.G; GARCIA, A.A. Gestão de Pessoas: Estratégias e Integração Organizacional – 2ª edição. Editora Atlas. 2009. São Paulo.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA - ABES. Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água: Diagnóstico, Potencial de Ganhos com sua Redução e Propostas de Medidas para o Efetivo Combate. Departamento Nacional – DN. Rio de Janeiro. 2013.
4. CAMARGO. M.U.C.C. Sistemas de Informações Geográficas como Instrumento de Gestão do Saneamento. Editora ABES. 1997. Rio de Janeiro.
5. CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de Sistemas Ambientais – Quarta edição. Editora Edgard Blücher Ltda. 2007. São Paulo.
6. CLOUD STANDARD CUSTOMER COUNCIL – CCSC. Interoperability and Portability for Cloud Computing: a Guide. 2014.
7. CROZATTI, J. Modelo de gestão e cultura organizacional : conceitos e interações. Caderno de Estudos n. 18. Fundação Instituto de Pesquisas Contábeis, Atuariais e Financeiras. 1998. São Paulo.
8. Environmental Systems Research Institute – ESRI. Return on Investment – Ten GIS case studies. 201. Estados Unidos.
9. FORTES, P.A.C; RIBEIRO, H. Saúde Global em Tempos de Globalização. Revista Saúde e Sociedade vol. 23 n.2 abr/jun 2014. São Paulo.
10. FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE – FUNASA. Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água – 2a edição. Brasília. 2014.
11. GUERRA, A.J.T; MARÇAL, M.S. Geomorfologia Ambiental. Editora Bertrand Brasil. 2006. Rio de Janeiro.
12. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Atlas do Saneamento. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. 2011. Brasília
13. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU (A). *The Millenium Development Goals Report*. 2015. Nova York – Estados Unidos.
14. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU (B). *Wastewater management: A UN-Water Analytical Brief*. 2015. Nova York – Estados Unidos.
15. PORTO. R. L. (ORG). *Fundamentos para a Gestão da Água*. Governo do Estado de São Paulo. 2012. São Paulo.
16. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI. *A Project Management Body of Knowledge – PMBOK*. 2000 edition. Newtown Square – Pennsylvania – Estados Unidos.
17. SHAMSI, U. M. *GIS applications for Water, Wastewater and Stormwater Systems*. Editora CRC Press Book. 2005. Estados Unidos.