

Crise Hídrica no Município de Campinas: Uma análise do Impacto da Escassez Hídrica nos Custos Diretos Variáveis Empregados no Tratamento de Água

Adriano Menezes Messias (PUC-São Paulo) - adriano.messias@sanasa.com.br

Renato Ferreira Leitão Azevedo (UIUC) - razeved2@illinois.edu

Antonio Moreira Franco Junior (UniMetrocamp) - antonio.franco@uol.com.br

Pedro Cláudio da Silva (Unimetrocamp Wyden) - professorpedrosilva@yahoo.com.br

Resumo:

Este trabalho tem como objetivo analisar o impacto, nos custos diretos variáveis empregados no tratamento de água no município de Campinas (SP), durante o período da crise hídrica (dos anos 2014 e 2015). Para tanto, foi realizado um estudo de caso envolvendo a companhia de abastecimento de água do município de Campinas (SANASA S/A), com dados dos custos diretos variáveis do período de 2012 a 2016. Também teve por objetivo verificar, quais produtos mais impactaram esses custos durante esse período crítico de escassez hídrica e analisar a influência que a vazão de água (disponibilidade hídrica) existente no Rio Atibaia exerceu sobre os mesmos. Face aos dados analisados verificou-se que para uma aplicação mais coerente dos custos variáveis, seria necessário estabelecer outra variável para a correta projeção desses custos. Observou-se que o custo variável, do volume de água produzido, não varia somente com a quantidade produzida, mas também em função da variação na vazão de água do rio (disponibilidade hídrica). Uma vez demonstrado que a variável vazão do rio é importante para a definição dos custos variáveis em saneamento, foram conduzidas análises de variâncias (ANOVAs) e de discriminante com a abertura dos custos variáveis com energia elétrica e matérias primas, para verificar o impacto dos mesmos em função das diferentes vazões do Rio Atibaia. Como conclusão, verificou-se que quando a vazão do rio Atibaia é baixa (volume abaixo de 10.52 m³/segundo), nota-se um aumento expressivo nos custos com Cal Virgem, Carvão Ativado, Cloro, Hidróxido de Cálcio e Hipoclorito de Sódio.

Palavras-chave: Custos Variáveis, Tratamento de água, Crise hídrica

Área temática: Custos aplicados ao setor privado e terceiro setor

Crise Hídrica no Município de Campinas: Uma análise do Impacto da Escassez Hídrica nos Custos Diretos Variáveis Empregados no Tratamento de Água

Resumo

Este trabalho tem como objetivo analisar o impacto, nos custos diretos variáveis empregados no tratamento de água no município de Campinas (SP), durante o período da crise hídrica (dos anos 2014 e 2015). Para tanto, foi realizado um estudo de caso envolvendo a companhia de abastecimento de água do município de Campinas (SANASA S/A), com dados dos custos diretos variáveis do período de 2012 a 2016. Também teve por objetivo verificar, quais produtos mais impactaram esses custos durante esse período crítico de escassez hídrica e analisar a influência que a vazão de água (disponibilidade hídrica) existente no Rio Atibaia exerceu sobre os mesmos. Face aos dados analisados verificou-se que para uma aplicação mais coerente dos custos variáveis, seria necessário estabelecer outra variável para a correta projeção desses custos. Observou-se que o custo variável, do volume de água produzido, não varia somente com a quantidade produzida, mas também em função da variação na vazão de água do rio (disponibilidade hídrica). Uma vez demonstrado que a variável vazão do rio é importante para a definição dos custos variáveis em saneamento, foram conduzidas análises de variâncias (ANOVAs) e de discriminante com a abertura dos custos variáveis com energia elétrica e matérias primas, para verificar o impacto dos mesmos em função das diferentes vazões do Rio Atibaia. Como conclusão, verificou-se que quando a vazão do rio Atibaia é baixa (volume abaixo de 10.52 m³/segundo), nota-se um aumento expressivo nos custos com Cal Virgem, Carvão Ativado, Cloro, Hidróxido de Cálcio e Hipoclorito de Sódio.

Palavras-Chave: Custos Variáveis, Tratamento de água, Crise hídrica

Área Temática: Custos aplicados ao setor privado e terceiro setor

1. Introdução

A cidade de Campinas (SP) não possui um sistema próprio de armazenamento de água bruta o que a torna dependente do Sistema Cantareira em períodos de estiagem prolongada, como o que ocorreu em 2014. Existem estudos para a construção de um reservatório de água bruta através de barramento do rio Atibaia. Há ainda uma iniciativa do Governo do Estado de São Paulo, através do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), para a construção de reservatórios no rio Jaguari na cidade de Pedreira e no rio Camanducaia em Amparo (DAEE, 2017), tendo por objetivo criar uma reserva hídrica estratégica na bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, na qual pertence a Cidade de Campinas, permitindo dessa forma aprimorar a operação do sistema Cantareira. O Sistema Cantareira possui seis represas em diferentes níveis e são interligadas por 48 Km de túneis (SABESP).

Campinas (SP) passou, ao longo do ano de 2014 e parte do ano de 2015, por uma das piores crises hídricas já enfrentadas pelo município. A escassez hídrica, decorrente de um volume de chuvas inferior ao de anos anteriores, fez com que houvesse a necessidade de se utilizar águas de Reserva Técnica do sistema de Abastecimento Cantareira para suprir uma

demanda reprimida de água bruta no rio Atibaia. Também chamada de "volume morto", a Reserva Técnica configura-se como sendo parte da água da represa que fica abaixo do ponto de captação (SABESP). O rio Atibaia é responsável por abastecer 95% da população da cidade (SANASA, 2014). A SANASA (Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A), empresa de economia mista, de capital aberto, cuja participação majoritária pertence a Prefeitura Municipal de Campinas, atualmente responsável pelo serviço de abastecimento de água do município de Campinas, foi obrigada a realizar, inclusive, campanhas educativas para o consumo consciente de água nesse período para evitar riscos de desabastecimento, bem como reforçar medidas de controle, desde a captação à distribuição para consumo.

Soriano *et al.* (2016) descreveram que a maioria das grandes cidades do mundo estão sujeitas a variações de precipitação e, por consequência, a problemas no sistema de abastecimento. Dessa forma, em um período de crise hídrica, como a que ocorreu durante os anos de 2014 e 2015, a disponibilidade de água bruta para captação é mais escassa, reduzindo dessa forma a vazão média de água existente no rio.

Cortês *et al.* (2015) relataram que as questões climáticas passaram a ocupar espaço significativo na concepção de estratégias organizacionais e políticas públicas, pois possuem impacto direto na disponibilidade da água

Soriano *et al.* (2016) mencionaram que em um momento de crise hídrica, há pessoas afetadas diretamente, pela intermitência no abastecimento das residências, e, indiretamente, pelo aumento nos preços de insumos cuja produção ou fabricação depende da disponibilidade de água.

Por conseguinte, foi observado um aumento nos custos diretos variáveis, utilizados para produção de água potável nesse período, mesmo havendo uma redução no volume de água tratada/produzida, em decorrência da diminuição no consumo de água pela população, que atendeu à solicitação para um consumo consciente da água durante o período da crise hídrica.

Normalmente quando da análise dos custos variáveis, os mesmos estão atrelados a quantidade de unidades fabricadas, ou seja, é atribuído um custo dito como variável para cada item fabricado, dessa forma quanto maior a quantidade produzida maior será o total do custo variável (e de forma recíproca, quanto menor for a quantidade produzida, menor será o total do custo variável). Porém foi observado que em relação aos custos para o tratamento de água, a quantidade produzida é apenas um elemento a ser levado em consideração para o cômputo dos custos variáveis, sendo que no caso específico em análise, outro elemento que deve ser levado em consideração nesse custo, torna-se a vazão média de água existente no rio onde ocorre a captação da água bruta (disponibilidade hídrica).

Portanto, no tratamento de água observa-se um interessante caso de aplicação da Contabilidade de Custos, em que se pode verificar um aumento nos custos variáveis mesmo com a redução no volume de água tratada, ou ainda uma redução nos custos diretos variáveis, mesmo com o aumento no volume de água tratada. Esse aparente comportamento paradoxal, se dá em função da vazão média de água existente no rio onde ocorre a captação da água bruta.

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é verificar, através dos dados disponibilizados pela Companhia de Saneamento de Campinas (SANASA S/A), o impacto nos custos diretos variáveis empregados no tratamento de água no município de Campinas, durante o período da crise hídrica (dos anos 2014 e 2015).

Parte-se da hipótese que se houver uma redução da vazão média de água existente no rio para captação, haverá um aumento nos custos variáveis para tratamento da água bruta coletada, mesmo havendo uma redução no volume de água tratada. Dessa forma, o volume de tratamento de água não seria o único elemento para direcionar os custos variáveis, ou seja, deve-

se levar em consideração também o volume de água bruta disponível para captação nos rios (vazão do rio).

Por conseguinte, esse trabalho visa contribuir com a literatura em Contabilidade de Custos com um caso aparentemente contra intuitivo.

2. Referencial Teórico

A importância do tratamento da água é vital para o desenvolvimento humano e social pois previne uma série de doenças que afetam a saúde da população. Por exemplo, a ONU (Organização das Nações Unidas, 2010) declara que:

“A água potável limpa, segura e adequada é vital para a sobrevivência de todos os organismos vivos e para o funcionamento dos ecossistemas, comunidades e economias...”

Portanto, água é sinônimo de vida, e água fornecida com tratamento inadequado compromete a saúde das pessoas.

Oliveira *et al.* (2012) mencionam que as políticas públicas empregadas pelo setor de saneamento estão voltadas para a gestão dos recursos hídricos e ao acesso a serviços de água e saneamento.

Frezatti (2009) relata que uma abordagem adequada do planejamento de negócios é aquela que o considera como a forma de controle de resultado futuro. Possuir uma visão de longo prazo, tendo um planejamento estratégico onde se definam metas para redução de perdas, deveria ser uma preocupação nas empresas de saneamento.

Portanto, quando da realização do planejamento estratégico e orçamentário, as companhias de saneamento, ao direcionarem investimentos para obras tratamento e a distribuição da água tratada, devem estabelecer mecanismos de controle para assim melhor gerir os recursos alocados. Analisar os custos é uma forma da Companhia possuir entendimento dos gastos gerados para que se mantenha atuante, operacionalmente, no mercado que atua.

Iudícibus e Mello (2013) relatam que um dos anseios mais arraigados do profissional de análise de custos é tentar prever o que irá acontecer com o resultado da venda de produtos e considera para essa análise a quantidade vendida, o preço de venda e os custos dos insumos.

Barros *et al.* (2009) mencionam que não é razoável supor que nas empresas de água e saneamento, possa ser feita, uma redução drástica nos insumos de operação e manutenção sem que haja uma degradação nos níveis de qualidade do serviço prestado. Dessa forma, é preciso identificar e mapear os custos, tendo por objetivo saber se esses custos são necessários a atividade da companhia estabelecendo mecanismos de controle para verificar o desempenho dos mesmos.

Cortês *et al.* (2015) relatam que a escassez hídrica pode ser reduzida com um planejamento estratégico adequado que leve em consideração informações climáticas na concepção das ações.

Custódio (2015) declara que o clima tem ritmo, mas também é variável, sujeito a excepcionalidades.

No ramo de saneamento, um dos maiores desafios de planejamento estratégico é prever os níveis de custos face aos desafios e sazonalidades da natureza. Soriano *et al.* (2016)

mencionam que a água é um recurso renovável, mas é dependente da dinâmica do ciclo hidrológico. Ainda que as pesquisas em meteorologia e hidrologia tenham se sofisticado ao longo das últimas décadas, a imprevisibilidade natural pode impactar o planejamento estratégico e orçamentário.

Dessa forma, analisar, entender e acompanhar os custos para tratamento de água e distribuição de água deve ser uma preocupação dos gestores como forma de gerir de forma eficiente os recursos alocados.

2.1 Materiais Utilizados no Tratamento de Água

Para esse trabalho, os custos diretos variáveis, empregados no tratamento de água, referem-se em sua totalidade a produtos químicos utilizados no tratamento. Esses produtos químicos têm por finalidade garantir que a água tratada tenha a potabilidade necessária para o consumo humano, respeitando os parâmetros de controle exigidos pelas normas legais.

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005) do total de disponibilidade de água no planeta, 95% é água salgada e somente 5% água doce. Do total de água doce, 99,7% compõem as geleiras e apenas 0,3% são águas superficiais e subterrâneas. Do total de água doce disponível no mundo, 8% está no Brasil, sendo que 80% desse volume está concentrado na Amazônia e 20% distribuído no resto do país.

Di Bernardo e Dantas (2005) enfatizam que, embora seja indispensável à vida, a água pode conter determinadas substâncias, elementos químicos e microrganismos que podem fazer mal à saúde, devendo ser devidamente tratada antes de seu consumo. O tratamento de água consiste em remover impurezas existentes e, ainda, remover partículas sólidas na água e outros tipos de contaminantes que podem prejudicar a saúde.

O quadro a seguir destaca os principais produtos químicos utilizados no tratamento de água e suas aplicações.

Quadro 01 – Produtos Químicos Comumente Utilizados no Tratamento de Água

Produto Químico ou Substância	Aplicações
Ácido clorídrico e ácido sulfúrico	Ajuste de pH
Ácido peracético	Oxidação
Ácido fluossilícico	Fluoração
Amidos de mandioca, milho, araruta, etc.	Auxílio na floculação e filtração
Amônia	Formação de cloraminas
Cal virgem	Ajuste de pH e estabilização
Cal hidratada (hidróxido de cálcio)	Ajuste de pH e estabilização
Carbonato de sódio	Ajuste de pH e estabilização
Carvão ativado em pó	Remoção de sabor, odor e compostos orgânicos em geral
Cloreto férrico	Coagulação
Cloro	Desinfecção e oxidação
Dióxido de carbono	Recarbonatação e ajuste de pH
Dióxido de cloro	Desinfecção e oxidação
Fluoreto de cálcio e fluossilicato de sódio	Fluoração

Produto Químico ou Substância	Aplicações
Hidroxiclreto de alumínio e de ferro	Coagulação
Hipoclorito de cálcio e de sódio	Desinfecção e oxidação
Ozônio	Desinfecção e oxidação
Permanganato de potássio	Desinfecção e oxidação
Peróxido de hidrogênio	Oxidação e desinfecção
Polímeros sintéticos	Auxílio na coagulação, floculação e filtração
Soda cáustica (hidróxido de sódio)	Ajuste de pH
Sulfato de alumínio	Coagulação
Sulfato de amônia	Formação de cloraminas
Sulfato de cobre	Controle de algas
Sulfato ferroso clorado	Coagulação
Sulfato férrico	Coagulação
Tanato	Coagulação

Fonte: Di Bernardo e Dantas (2005, p. 41)

A escolha do mix de produtos a ser utilizado, bem como a quantidade de cada produto recomendada vai depender do tipo e qualidade da água a sofrer o processo de tratamento.

Como forma de atender a exigências do Ministério da Saúde em relação a potabilidade da água destinada para consumo humano, foi editada a Norma Brasileira ABNT nº 15.784 tendo por finalidade estabelecer parâmetros para utilização de produtos químicos no tratamento de água, pois tais produtos podem introduzir à água características indesejáveis e/ou prejudiciais à saúde humana, dependendo de sua procedência e evolução (ABNT, 2017).

No presente estudo foram analisados os produtos químicos abaixo relacionados, utilizados pela SANASA para o tratamento da água em Campinas no período de 2012 a 2016. Para cada produto, apresentamos uma breve descrição dos mesmos conforme Norma ABNT 15.784:

Quadro 02 – Produtos Químicos Utilizados no Tratamento de Água na SANASA S/A no período estudado

Produto	Nome Popular	Função
Ácido Fluossilícico	Ácido Hidrofluossilícico	Utilizado com a finalidade de fluoretação. A fluoretação é uma metodologia empregada para prevenir a cárie dentária na população, utilizando o abastecimento público de água forma de contribuir para melhorar a saúde oral da população
Amônia	Gás Amônia	Utilizado para desinfecção e oxidação, tendo por finalidade reduzir o nível de microrganismos a um nível aceitável, dentro de parâmetros regulados
Óxido de Cálcio	Cal Virgem	Têm por função ajustar o pH da água
Carvão Ativado Pulverizado	Carvão ativado em pó ou CAP	Têm por função a decoloração, remoção de cor, gosto e odor da água
Cloreto de Polialumínio	Hidroxiclreto de Alumínio ou PAC	Sal Metálico Coagulante

Produto	Nome Popular	Função
Cloro	Gás de Cloro	Utilizado para desinfecção e oxidação, tendo por finalidade reduzir o nível de microrganismos a um nível aceitável, dentro de parâmetros regulados
Hidróxido de Cálcio em Suspensão 20%	Cal em Suspensão	Têm por função ajustar o pH da água
Hidróxido de Sódio em Solução	Soda Cáustica	Têm por função ajustar o pH da água
Hipoclorito de Sódio	Hipoclorito de Sódio	Utilizado para desinfecção e oxidação, tendo por finalidade reduzir o nível de microrganismos a um nível aceitável, dentro de parâmetros regulados

Fonte: Elaborado pelos autores com base na Norma ABNT 15.784

O sistema de captação de água no Rio Atibaia é composto por: a) gradeamento: para retenção de materiais sólidos, b) desarenador: tanque de sedimentação da área devido a redução de velocidade do fluxo de água, c) poço de sucção e casa de bombas: para bombeamento de água bruta até a estação de tratamento de água; e d) adutora de água bruta: tubulação de grande porte que transporta água bruta captada até a estação de tratamento de água (SANASA, 2014).

Já o processo de tratamento de água é dividido em fases como: a) Coagulação: que têm por finalidade aglomerar partículas aumentando o peso das mesmas, b) Floculação: onde a água é agitada de forma bem lenta para favorecer a união de partículas para formação de flocos, c) Decantação: sendo que nessa fase a água deixa de ser agitada permitindo que os flocos formados venham a ser separados da água; e d) Filtração: onde a água passa por um filtro para retirar eventuais impurezas que não foram removidas na fase de decantação (SABESP).

2.2 Definições de Custos

Martins (2010) declara que os custos fixos ocorrem independentemente de aumentos ou diminuições do volume elaborado de produtos. Viceconti e Neves (2013) explicam, todavia, que os custos fixos são fixos em relação ao volume de produção, mas podem variar de valor no decorrer do tempo.

Leone e Leone (2010) ressaltam, todavia, que o custo fixo quando tomado em seus totais é realmente fixo, mas quando analisado por seus valores unitários em face da unidade de medida da base de volume, o custo fixo é variável.

Os custos variáveis, por outro lado, são comumente definidos como sendo aqueles que variam conforme a quantidade produzida (Dutra, 2009). Segundo Padoveze (2016), os custos variáveis são aqueles cujo montante em unidades monetárias variam na proporção direta das variações do nível de atividade a que se relacionam. Viceconti e Neves (2013) explicam que se não houver quantidade produzida, o custo variável será nulo. Quando da elaboração de projeções e orçamentos, o custo variável é multiplicado pela quantidade produzida.

Martins (2010) relata que, do ponto de vista decisório, o Custeio Variável tem condições de propiciar muito mais rapidamente informações vitais à empresa; também o resultado medido dentro do seu critério parece ser mais informático à administração, por abandonar os custos fixos. Para o processo de tomada de decisão, conhecer os custos variáveis são de suma importância para o melhor entendimento do processo produtivo, bem como o desempenho das atividades desempenhadas pela companhia

Segundo Oliveira e Perez Jr. (2005), os custos variáveis têm as seguintes características: seu valor total varia na proporção direta do volume produzido; o valor é constante por unidade, independentemente da quantidade produzida; e a alocação aos produtos ou centros de custos é normalmente feita de forma direta, sem a necessidade de utilização de critérios de rateio.

Cogan (2013) relata que, enquanto os custos variáveis aumentam ou diminuem com a quantidade produzida, o custo variável unitário se mantém inalterado. Nesse sentido, Leone e Leone (2010) explicam que o custo variável “no total é variável, mas, quando considerado como custo unitário diante do quantitativo da base de volume, ele é fixo”.

Há, também, os custos semi-fixos que conforme Padoveze (2016), são considerados semi-fixos aqueles custos que têm dentro de si uma parcela fixa e outra variável, sendo que caso não ocorrer nenhuma atividade produtiva a empresa incorrerá em uma parcela fixa de seus custos.

Existem, ainda, os custos semi-variáveis que, de acordo com Viceconti e Neves (2013), são aqueles que variam com o nível de produção, mas têm uma parcela fixa mesmo que nada seja produzido.

3. Metodologia

3.1. Levantamento e tratamento dos dados

Os dados utilizados para análise, relativos aos custos diretos variáveis empregados no tratamento de água e custos de energia elétrica, além do volume de água produzido, foram disponibilizados pela SANASA S/A (Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A), sendo este trabalho um estudo de caso. Esses dados se referem ao período de janeiro de 2012 a dezembro de 2016 e foram utilizadas informações das estações de tratamento de água 1, 2, 3 e 4 localizadas no município de Campinas, sendo que as mesmas recebem água bruta do rio Atibaia para tratamento de água.

Os custos diretos variáveis empregados no tratamento de água e os custos de energia elétrica foram atualizados monetariamente pelo Índice IPCA (Índice de Preços ao Consumidor), medido mensalmente pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). As informações dos produtos químicos utilizados no tratamento de água foram extraídas a partir da abertura dos custos diretos variáveis empregados no tratamento de água, com igual atualização monetária pelo IPCA.

Os dados relativos à vazão média do Rio Atibaia, durante o período de 2012 a 2016, foram disponibilizados pela Sala de Situação PCJ (Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá) vinculado ao Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Esses dados referem-se ao ponto de captação existente em Valinhos, sendo este ponto antes da Captação de Água Bruta realizada pela SANASA S/A.

Neste trabalho os custos diretos variáveis, empregados no tratamento de água, referem-se em sua totalidade a produtos químicos.

3.2 Análise dos Dados

A análise de discriminante é uma análise estatística multivariada que pode ser utilizada para prever uma variável categórica dependente (também chamada de variável de agrupamento), por uma ou mais variáveis contínuas (Fisher, 1936; McLachlan, 2004, Venables & Ripley, 2002). Essa análise é utilizada quando os grupos são conhecidos *a priori*, e tenta-se,

como o nome sugere discriminar e classificar quais fatores contribuem para a categorização e agrupamento dos dados.

Dessa forma, para os objetivos dessa pesquisa, conhecendo as vazões do Rio Atibaia, no período de 2012 a 2016, foram utilizadas as seguintes variáveis contábeis: Custo de Energia Elétrica (na captação), Custo de Energia Elétrica (na estação de tratamento), Custo com Ácido Fluossilício, Custo com Amônia, Custo com Cal Virgem, Custo com Carvão Ativado, Custo com Cloreto de Polialumínio, Custo com Cloro, Custo com Hidróxido de Cálcio, Custo com Hidróxido de Sódio, Custo com Hipoclorito de Sódio, bem como o Volume Total de água tratada, para assinalar quais componentes de custos são fatores discriminantes nas situações de baixa, média e alta vazão do rio. Para cada custo, foram conduzidas também análises de variância, com os fatores Vazão do Rio (3: Alta, Média e Baixa) x Volume de Água Tratada (3: Alto, Médio e Baixo), a fim de localizar se tais fatores contribuem com a explicação de variabilidade dos custos.

4. Resultados

Para verificar inicialmente a importância de ambas as variáveis (Vazão do Rio e Volume de Água Tratada), nos custos de Saneamento, foram conduzidas análises de variância (ANOVAs) para os principais grupos de custos (Custo com Matérias Primas para tratamento, Custo com Energia Elétrica na Captação, e Custo com Energia Elétrica no Tratamento). As variáveis Vazão do Rio e Volume de Água Tratada foram classificadas como Alto(a), Médio(a), e Baixo(a).

Na análise em que, Custo com Matérias Primas, é variável dependente, ambas variáveis são efeitos significativos (Vazão do Rio: $F(2, 52)=25.0$, $p < .001$; Volume Tratado: $F(2,52)=3.4$, $p < .05$). A interação dessas variáveis não é significativa ($F(3,52)=2.2$, $p > .10$, n.s.), sugerindo que ambos fatores contribuem para explicar as diferenças em custos separadamente. A análise para cada nível de Vazão (Teste de Bonferroni) sugere que os custos variáveis são significativamente maiores quando a vazão do rio é baixa (Vazão Baixa > Vazão Média e Alta) e a análise para cada nível de Volume (Teste de Bonferroni) aponta que os custos são significativamente maiores quando o volume de água tratada é baixo ou médio, refletindo possivelmente os efeitos de escala discutidos anteriormente (Volume Baixo e Médio > Volume Alto).

Para os custos com energia elétrica, notam-se diferenças de impacto em que as variáveis Vazão do Rio e Volume de Água Tratada possuem nas etapas de Captação e Tratamento. Na captação, como esperado, apenas a variável volume de água tratada é significativa (Vazão do Rio: $F(2, 52)=2.3$, $p > .11$; Volume Tratado: $F(2,52)=8.6$, $p < .001$). Para o tratamento, ambas as variáveis possuem efeitos significativos, de acordo com nossa hipótese inicial (Vazão do Rio: $F(2, 52)=3.5$, $p < .05$; Volume Tratado: $F(2,52)=9.5$, $p < .001$). A interação dessas variáveis também não é significativa (Captação: $F(3,52)=0.5$, $p > .10$, n.s.; Tratamento: $F(3,52)=0.5$, $p > .10$, n.s.), reforçando o caráter de que ambas as variáveis são complementares para explicar os efeitos nos custos variáveis em saneamento. A análise para cada nível de Vazão e Volume (Testes de Bonferroni) sugerem que os custos variáveis são significativamente maiores quando a vazão do rio é baixa (Vazão Baixa > Vazão Média e Alta) e Volume de água tratada é baixa (Volume Baixo > Volume Médio e Volume Alto).

A tabela 1 apresenta os custos médios para os três níveis de vazão, e também para os três níveis de volume de água tratada.

Tabela 1 - Custos médios - Efeitos da Vazão do Rio e Volume de Água Tratada

Vazão (m³ Por Segundo mês)	Custos Médios com Energia Elétrica (Captação)	Custos Médios com Produtos Químicos (Tratamento)	Custos Médios com Energia Elétrica (Tratamento)
Baixa	R\$ 1.603.993	R\$ 1.905.693	R\$ 187.359,60
Média	R\$ 1.521.675	R\$ 1.197.818	R\$ 161.486,50
Alta	R\$ 1.388.829	R\$ 1.265.731	R\$ 152.306,00
Volume (m³ Por Segundo mês)	Custos Médios com Energia Elétrica (Captação)	Custos Médios com Produtos Químicos (Tratamento)	Custos Médios com Energia Elétrica (Tratamento)
Baixo	R\$ 1.736.865	R\$ 1.621.478	R\$ 201.842,30
Médio	R\$ 1.478.767	R\$ 1.429.363	R\$ 160.243,90
Alto	R\$ 1.341.775	R\$ 1.086.856	R\$ 140.308,50

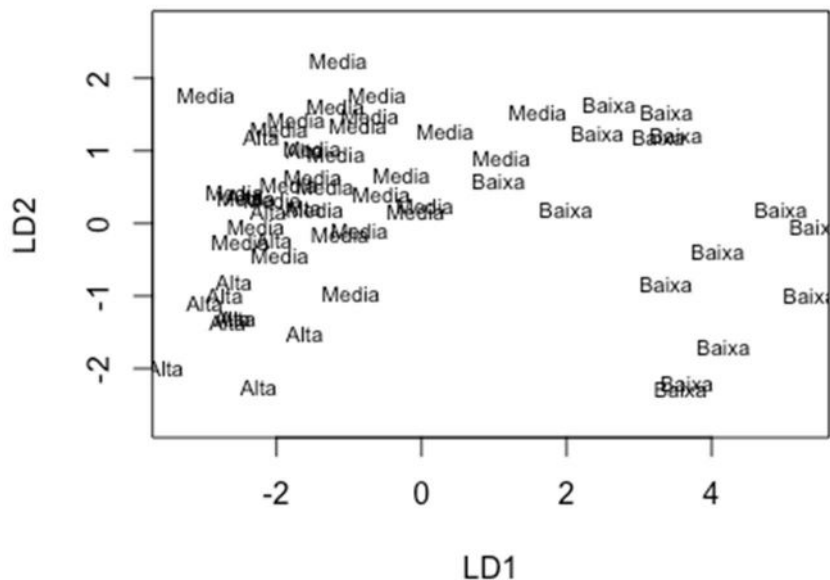
Fonte: Elaborado pelos autores

Dessa forma, as análises de variância corroboram com a hipótese de que ambas as variáveis (Vazão do Rio e Volume de Água Tratada) devem ser consideradas para fins de análise dos custos variáveis das indústrias de saneamento básico, e não apenas a variável de influência na quantidade (Volume de Água Tratada), como sugerido em modelos básicos em livros de Custos. Mais ainda, essa prática deve ser ajustada em cada "etapa de produção", pois no caso estudado verificou-se que a Vazão do Rio impacta significativamente os custos de tratamento, mas não os custos de captação.

Uma vez demonstrado de que a variável Vazão do Rio é de fato importante para a definição dos custos variáveis em saneamento, em complemento a variável volume de água tratada, foi conduzida uma análise de discriminante com a abertura de todos os custos variáveis com matérias primas, para melhor localizar o impacto dos mesmos em função das diferentes vazões do Rio Atibaia. Dessa forma, utilizando a estrutura de custos incorridos no período de 2012 a 2016, objetivamente tenta-se classificar para cada mês, separando cada observação em função do volume do rio (vazão). Primeiramente verificou-se que os volumes abaixo de 10.52 m³/segundo mês foram classificados como baixo volume, enquanto que os volumes superiores a 22.85 m³/segundo mês foram classificados como sendo de alto volume. Os demais valores intermediários, por conseguinte, foram classificados como de média vazão.

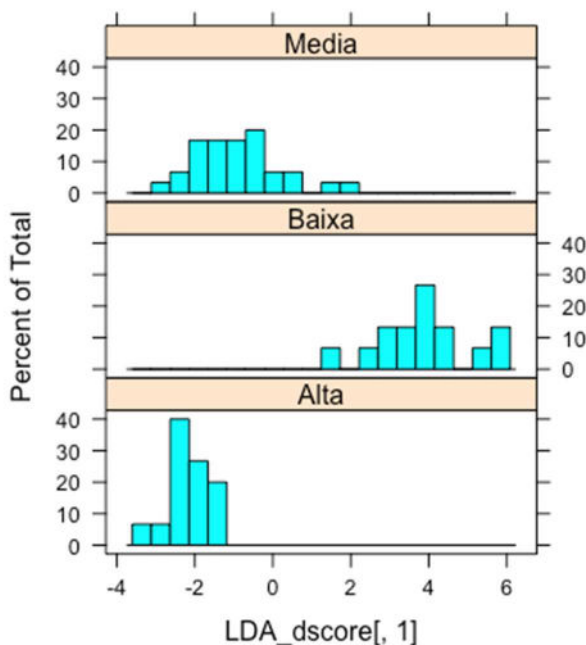
Pode-se observar na Figura 1, com a utilização de duas funções lineares (LD1 e LD2) é possível classificar a estrutura de custo da SANASA para o período de 2012 a 2016. A primeira função linear (LD1) separa os meses em que o Rio Atibaia apresentou baixo volume.

Figura 1. Gráfico da análise de discriminante



Quando a vazão do rio Atibaia é baixa, pode-se notar significativas diferenças nos custos com Cal Virgem, Carvão Ativado, Cloro, Hidróxido de Cálcio e Hipoclorito de Sódio. Essas cinco matérias-primas são diagnósticas da primeira função linear (LD1). Dessa forma, uma vez conhecidos os custos variáveis desses materiais, pode-se também estimar em reverso se a vazão do Rio é baixa, em contraste com vazões médias e altas. A figura 2, permite ilustrar como as distribuições das médias são distintas em função da vazão do rio. Em particular, reforça a total segregação entre vazões Baixas e Altas.

Figura 2. Representação gráfica da primeira função discriminante (LD1)



Já a segunda função linear (LD2) consegue classificar (com poucos meses excepcionais) os períodos de alta e média vazão. Dessa forma, a análise contribui para distinguir diferentes comportamentos de custos, para além da variável de volume de água tratada, evidenciando a importância da vazão do rio, como adicional parâmetro para custeio nos casos das indústrias de saneamento básico. As matérias primas que auxiliam no diagnóstico e classificação entre vazões médias e altas são o Cloreto Poli Alumínio e o Hidróxido de Sódio. No caso do Cloreto de Poli Alumínio, existe uma utilização maior quando a vazão do rio é alta, direcionada pela interação com volume (ver Tabela 3, $F(3,52) = 2.8, p < .05$). Já para o Hidróxido de Sódio existe uma utilização maior desse material em níveis médios de vazão do rio, em contraste com vazão alta.

Em resumo, a tabela 2 detalha os principais custos de matérias primas utilizadas no tratamento da água.

Tabela 2 - Custos das principais matérias primas de tratamento, pela vazão do Rio Atibaia

Vazão	Ácido Fluossilico	Amônia	Cal Virgem	Carvão Ativado	Cloreto de Poli Alumínio	Cloro	Hidróxido de Cálcio	Hidróxido de Sódio	Hipoclorito Sódio
Baixa	11,493.43	43,994.56	123,340.53	133,119.20	605,960.63	796,263.83	107,449.34	511.60	83,566.13
Media	12,812.25	49,954.60	56,138.86	34,634.86	543,155.43	426,890.60	65,214.58	1,039.44	3,271.63
Alta	12,784.55	52,470.53	41,980.33	22,102.03	731,178.19	347,717.70	54,020.68	505.21	2,975.63

Por fim, para verificarmos a contribuição e eventual interação das variáveis Vazão do Rio e Volume de água tratada, foram conduzidas ANOVAs para cada produto químico, como resumido na tabela 3.

Tabela 3 - Produtos Químicos no Tratamento - Contribuição das Variáveis Vazão e Volume

Descrição	Vazão	Volume	Vazão x Volume
Ácido Fluossílico	ns	F(2,52) = 3.6, *	ns
Amônia	F(2,52) = 5.3 **	F(2,52) = 13.7 ***	F(3,52) = 3.2 *
Cal Virgem	F(2,52) = 48.8 ***	ns	ns
Carvão Ativado	F(2,52) = 19.0 ***	ns	ns
Cloreto Polialumínio	F(2,52) = 3.9 *	F(2,52) = 7.4 **	F(3,52) = 2.8 *
Cloro	F(2,52) = 64.9 ***	ns	ns
Hidróxido de Cálcio	F(2,52) = 26.7 ***	ns	ns
Hidróxido de Sódio	ns	ns	ns
Hipoclorito de Sódio	F(2,52) = 32.7 ***	ns	ns

p<.001 ***, <.001**, <.05 *

Como resultado, observa-se que as análises de variância (ANOVAs) para cada matéria-prima reforçam os resultados encontrados na análise de discriminante, em que os custos variáveis de cinco matérias-primas (Cal Virgem, Carvão Ativado, Cloro, Hidróxido de Cálcio e Hipoclorito de Sódio) são bastante distintos em função da vazão do rio. Mais ainda, vemos que para vários dos custos a variável vazão é ainda mais diagnóstica do que a variável volume de água tratada, como nos cinco casos citados. Em alguns casos, como da utilização da Amônia e Cloreto Polialumínio, a utilização de ambas as variáveis se faz necessária para modelar os custos desses materiais, como apontado por significantes resultados da interação volume/vazão. Como anteriormente, detalhado (Tabela 2) o custo com Hidróxido de Sódio apresenta aumento com vazão média, sendo diagnóstico em contraste com altas ou baixas vazões do rio. Apesar de resultado não significativo para volume (Tabela 3), apresenta tendência numérica, em função do volume de água tratada. De toda sorte, apenas no caso do Ácido Fluossílico, a variável volume é a única diagnóstica dos custos variáveis.

5. Conclusão

O objetivo desse estudo foi analisar o impacto nos custos diretos variáveis empregados no tratamento de água no município de Campinas (SP), durante o período da crise hídrica (dos anos 2014 e 2015), partindo da hipótese que se houver uma redução da vazão média de água existente no rio, para captação, haveria um aumento nos custos variáveis para tratamento da água bruta coletada, mesmo havendo uma redução no volume de água tratada.

Incorporando o período de escassez hídrica em análise, observou-se que a variável vazão do rio é de fato importante para a definição dos custos diretos variáveis em saneamento. Explorou-se quais produtos mais impactaram os custos de captação e tratamento de água e analisando a influência que a vazão de água (disponibilidade hídrica) existente no Rio Atibaia exerceu sobre os mesmos, foram conduzidas análises de variâncias (ANOVAs) e de discriminante, para verificar o impacto dos custos diretos variáveis em função das diferentes vazões do Rio Atibaia.

Por meio da análise de discriminante, conclui-se que há três diferentes estruturas de custos, em função das vazões do Rio Atibaia (baixa, média e alta vazão. Como resultado, quando o Rio Atibaia apresenta baixa vazão (volume abaixo de 10.52 m³/segundo), nota-se um aumento expressivo nos custos com Cal Virgem, Carvão Ativado, Cloro, Hidróxido de Cálcio e Hipoclorito de Sódio. Enquanto que a discriminação dos custos, dentre média e alta vazão do

rio, pode ser explicada principalmente pela variação dos custos com Cloreto Poli Alumínio e o Hidróxido de Sódio.

Portanto, as análises de variância corroboram com a hipótese de que ambas as variáveis (Vazão do Rio e Volume de Água Tratada) devem ser consideradas para fins de análise dos custos variáveis das indústrias de saneamento básico, e não apenas a variável de influência na quantidade (Volume de Água Tratada)

Dessa forma, o presente trabalho visa contribuir com a literatura de Contabilidade de Custos, e também com um modelo para as empresas de saneamento básico, que leva em consideração a vazão do rio, como fator adicional no planejamento dos custos com captação e tratamento da água.

Para futuras pesquisas há a sugestão de analisar o impacto dos custos de tratamento de água nos reajustes tarifários.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15784: Produtos Químicos utilizados no tratamento de água para consumo humano – Efeitos à saúde - Requisitos. 2017.
- BARROS, Márcio Ribeiro de; MACHADO, Plínio Cícero; FERNANDES, Urbano Medeiros. Custos operacionais eficientes para o setor de saneamento básico. In: 6º Congresso Brasileiro de Regulação, 2009. Anais... Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.workoutenergy.com.br/abar/cbr/Trab0504.pdf>
- COGAN, Samuel. Custos e formação de preços: análise e prática. São Paulo: Atlas, 2013.
- CÔRTEZ, Pedro Luiz; Torrente, M. ; Alves Filho, A.P. ; RUIZ, Mauro Silva ; Dias, A. G. ; Rodrigues, R. . Crise de abastecimento de água em São Paulo e falta de planejamento estratégico. Estudos Avançados (Online), v. 29, p. 7-26, 2015.
- CUSTÓDIO, V. A crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo (2014-2015). Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 445-463, mês. 2016. ISSN 2179- 0892.
- DEPARTAMENTO de Águas e Energia Elétrica. Informações sobre as Obras de Pedreira e Duas Pontes. Disponível em: http://www.daece.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1289:audiencia-publica-das-obras-das-barragens-de-pedreira-e-duas-pontes&catid=3:newsflash). Acesso em: 16 de Fevereiro de 2017.
- DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Ângela Di Bernardo. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2. Ed (vol. 1). São Carlos: Rima, 2005.
- DUTRA, René Gomes. Custos: uma abordagem prática. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- FISHER, R. A. (1936). The use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems. *Annals of Eugenics*, 7(2), 179-188.
- FREZATTI, Fábio. Orçamento empresarial: planejamento e controle gerencial. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- IUDÍCIBUS, Sergio; MELLO, Gilmar. Análise de Custos: uma abordagem quantitativa. São Paulo: Atlas, 2013.
- LEONE; George Sebastião Guerra; LEONE, Rodrigo José Guerra. Curso de contabilidade de custos. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- MARTINS, Eliseu. Contabilidade de Custos. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- MARTINS, Eliseu; ROCHA, Welington. Métodos de custeio comparados: custos e margens analisados sob diferentes perspectivas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2015.
- MCLACHLAN, G. J. (2004). *Discriminant Analysis and Statistical Pattern Recognition*. Wiley Interscience.
- OLIVEIRA, D. E.; OLIVEIRA SOBRINHO, L. V.; ASSI, Luiza Adélia da Silva; BARBOSA, Alessandro; COELHO, Izabel de Menezes. Análise de Tendência dos Estudos Enfocados em Custos e Eficiência do Setor de Saneamento Básico. *Revista Ambiente Contábil*, v. 04, p. 01, 2012.
- OLIVEIRA, Luís Martins de; PERES JR., José Hernandez. Contabilidade de custos para não contadores. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2005.
- ORGANIZAÇÃO das Nações Unidas. A ONU e a Água [on line]. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/agua>. Acesso em 20 de Setembro de 2017.

ORGANIZAÇÃO das Nações Unidas. Qualidade das água e águas residuais. [on line]. Disponível em: <<http://www.unwater.org/water-facts/quality-and-wastewater>>. Acesso em 17 de Novembro de 2017.

PADOVEZE, Clóvis Luis. Contabilidade de Custos: teoria, prática, integração com sistemas de informações (ERP). São Paulo: Cengage Learnig, 2016.

SABESP S/A. Sistema Cantareira. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=132>. Acesso em 02 de Maio de 2018

SABESP S/A. Tratamento de água. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=47>. Acesso em 17 de Fevereiro de 2018.

SANASA S/A Processo de Produção de Água. Disponível em: http://www.sanasa.com.br/noticias/not_con3.asp?par_nrod=567&flag=TA. Acesso em 16 de Fevereiro de 2018.

SANASA S/A. Institucional [on line]. Disponível em: <http://www.sanasa.com.br/conteudo/conteudo2.aspx?f=I&par_nrod=1458&flag=TA>. Acesso em 20 de Setembro de 2017.

SANASA S/A. Relatório de Sustentabilidade/GRI [on line]. Disponível em: <<http://www.sanasa.com.br/document/noticias/2024.pdf>>. Acesso em 20 de Setembro de 2017.

SANASA S/A. Tratamento de Água. Disponível em http://www.sanasa.com.br/conteudo/conteudo2.aspx?f=I&par_nrod=1458&flag=TA. Acesso em: 25 de Novembro de 2017.

SILVA, Raimundo; LINS, Luiz. Gestão de custos: contabilidade, controle e análise. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

SORIANO, E.; LONDE, L.; DI GREGORIO, L.; COUTINHO, M.; SANTOS, L. Water crisis in São Paulo evaluated under the disaster's point of view. Ambiente & Sociedade (Online), v. 19, p. 21-42, 2016.

TRATA BRASIL. Novo estudo mostra que água perdida nos sistemas de distribuição agravam as crises hídricas e poderiam abastecer milhões de pessoas [on line]. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/bacias-pcj/press-release.pdf>>. Acesso em 28 de Setembro de 2017)

TRATA BRASIL. Perdas de água dificultam o avanço do saneamento básico e agravam o risco de escassez hídrica no Brasil. [on line]. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/perdas-de-agua-dificultam-o-avanco-do-saneamento-basico-e-agravam-o-risco-de-escassez-hidrica-no-brasil>>. Acesso em 25 de Outubro de 2017.

VENABLES, W. N. & RIPLEY, B. D. (2002). Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0. R Package MASS.

VICECONTI, Paulo; NEVES, Silvério das. Contabilidade de custos: um enfoque direto e objetivo. 11. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.