

AVALIAÇÃO DA HIDROMETRAÇÃO INDIVIDUALIZADA EM PRÉDIOS – UMA ABORDAGEM MUNICIPAL

Oliveira, E. F. C. C de¹ ; Ungaretti, P. ²

RESUMO – a hidrometração individualizada em prédios tem sido uma ferramenta bastante usada em alguns municípios brasileiros no intuito de reduzir consumo de água. Muitas prefeituras ainda não implantara essa ferramenta, de forma a subsidiar a decisão quanto à implantação, desenvolveu-se uma metodologia para diagnosticar as condições municipais. Tais condições locais referem-se: as características da população, aos sistemas prediais, a legislação municipal e arcabouço institucional responsável pelo saneamento. Aplicou-se a metodologia a municípios, onde se conhecia a situação quanto à medição individualizada de água em prédios residenciais, obtendo-se uma das seguintes respostas: i) não implantar; ii) estruturar a prestadora de serviço de saneamento; iii) prestadora de serviço de saneamento apta para operacionalizar.

ABSTRACT –the individual metering in buildings has been a tool that is used in some municipalities in order to reduce water consumption. Many municipalities have not already put this tool, in order to assist the decision regarding the deployment, developed a methodology to diagnose the local conditions. Such local conditions relate to: characteristics of the population, building systems, municipal legislation and institutional framework responsible for sanitation. Applied the methodology to municipalities, which knew the situation regarding individual water metering in residential buildings, obtaining one of the following responses: i) not to deploy ii) structuring the service provider sanitation iii) provider sanitation service able to operate.

Palavras-chave – abastecimento de água, medição de água, consumo residencial.

Key-words – water supply, water meters, residential consumption.

1. Introdução

A pressão por água num ambiente de escassez e com exigência de atendimento no curto prazo tem levado à mudança de paradigmas na gestão dos recursos hídricos. Cada vez mais, troca-se a opção do aumento da oferta (execução de obras) pela gestão da demanda (mudança de hábitos, controle de perdas, tecnologias poupadoras e fontes alternativas). A medição individualizada de água (hidrometração individualizada) é uma tecnologia poupadora por possibilitar o conhecimento do

¹Eduardo Felipe Cavalcanti Correa de Oliveira, Mestre em Recursos Hídricos (UFMG). Engenheiro Civil (UnB), Especialista em Recursos Hídricos da ANA; tel: (61)2109-5262; Aluno do Doutorado do PTARH / UnB. E-mail: Eduardofc@ana.gov.br

²Paulo Ungaretti, Mestre em Recursos Hídricos (UFRGS/IPH). Engenheiro Civil (UFRGS/IPH), Especialista em Recursos Hídricos da ANA; tel: (61)2109-5370. E-mail: Paulo.ungaretti@ana.gov.br

volume real consumido pelo usuário e por cobrar por esse volume, o que leva a uma maior justiça. Tal metodologia foi aplicada a seis municípios brasileiros - Goiânia, Campinas, Porto Alegre, Belo Horizonte, Salvador, Fortaleza e Recife.

Para delinear o estudo foi realizada uma revisão na literatura do consumo e conservação de água, assuntos correlatos com o tema. Citam-se alguns pesquisadores:

- Hanke *et al.* (1982) após ter realizado estudos na Suécia concluiu que a disponibilidade de utensílios ou equipamentos para consumo de água, o tamanho e a condição financeira da família levam a um aumento no desperdício de água;
- Renshaw (1982) evidenciou que a conservação de água tinha uma relação custo-efetividade mais favorável que a tradicional ampliação dos sistemas, pois a universalização da hidrometração na cidade de *New York* reduziu o consumo com menor investimento para a mesma meta de atendimento.
- Arreguin *et al.* (1991) definiu uso eficiente da água como a otimização do uso com a participação efetiva dos usuários e com alto sentido de equidade;
- Buchberger *et al.* (1996) estudou o consumo médio *per capita* nos sistemas prediais residenciais, verificando a diminuição com o aumento do número de moradores e o aumento com a idade da edificação;
- Chan (1997) após realizar pesquisas em Hong Kong mostrou que houve aumento do consumo *per capita* em função da melhoria do padrão de vida da população, mesmo com a implementação de ações de redução de consumo de água em prédios: hidrômetros individuais, campanhas de conscientização, educação por meio da mídia, utilização de água do mar para descarga e controle de vazamentos;
- A gestão de demanda é definida, conforme Corral (2003), como o efetivo gerenciamento da demanda urbana, por intermédio da adoção de medidas estruturais (alternativas tecnológicas que propiciem redução de consumo) e não estruturais (gestão, incentivos legais e econômicos que possibilitem a mudança de comportamento dos usuários);
- Memon e Bluter (2006) concluíram que o suprimento de água nas áreas urbanas depende do clima, de aspectos sócio-culturais e de hábitos da população, do desenvolvimento urbano e das características das construções;
- Ribeiro (2007) relatou que há diferenças entre os padrões de consumo da população em função das faixas de renda, a classe média consome cerca de 30 % mais que a população de baixa renda;

- Oliveira (2007) salientou que o estilo de vida, os hábitos das pessoas, a pressão nas instalações hidráulicas e os equipamentos utilizadores de água disponíveis influenciam o consumo residencial.

2 – Medição Individualizada de Água

A medição setorizada tem como objetivo aumentar a correspondência entre o usuário e a unidade consumidora, possível com a instalação de mais hidrômetros, além daqueles utilizados pela prestadora de serviço de saneamento para fins de tarifação de água, possibilitando um melhor acompanhamento do consumo (Tamaki, 2003). A adoção de um sistema individualizado, com implantação de um hidrômetro para aferição do consumo em cada apartamento, pode funcionar como ferramenta de controle eficiente de pagamento do volume consumido, além de melhorar o convívio entre os moradores (Cohim *et al.*, 2009). Quando existe apenas um hidrômetro para medir a água que todos utilizam, nenhum dos consumidores é responsável pelo pagamento da conta, decorrendo uma tendência natural à utilização do recurso e despreocupação com vazamentos no interior dos apartamentos ou na parte comum dos condomínios.

Experiência Internacional

Griggs e Shouler (1994) realizaram estudos no Reino Unido para verificar o impacto da redução do consumo por intermédio da micromedição em 56.970 residências, 59 % reduziram o consumo devido a mudanças comportamentais (redução do tempo de rega no jardim, redução do tempo de banho, utilização racional da máquina de lavar roupa e implantação da medição individualizada).

Nunes (2000) cita que foi executado um plano de redução de consumo com a implantação da medição individualizada de água e a reestruturação do sistema tarifário na Cidade de Washington, devido à taxa de consumo estar acima de outras cidades americanas de mesmo porte, chegando-se a uma diminuição de consumo de 18 % no verão de 1988 e de 43 % no verão de 1990.

Experiência Brasileira

Yamada *et al.* (2001), após compararem duas configurações de condomínios multifamiliares na cidade de Guarulhos, uma com 30 blocos não individualizados e outra com 48 blocos individualizados, verificou uma redução de 17 % no consumo de água na configuração individualizada. Peres (2006) realizou estudos de avaliação econômica em prédios residenciais na cidade de Goiânia que fizeram readequação das instalações hidráulicas para a medição individualizada, constatando tempo de retorno do investimento entre 49 e 64 meses. Prazos longos

podem inibir o consumidor quanto à readequação. Caluz *et al.* (2006) observou redução de inadimplência de 54 % para 20 % em condomínios populares em Franca-SP.

Holanda (2008) observou, após estudo em quatro prédios em Recife que adotaram a medição individualizada de água (MI): i) redução média no consumo de 41 %; ii) mais da metade dos moradores na faixa de consumo mensal entre 10 e 20 m³; iii) tempo de retorno do investimento entre 15 e 27 meses. Estudos realizados por Santos (2010) em 15 prédios de quatro pavimentos em Salvador levaram às seguintes conclusões quanto à MI: i) 56 % dos moradores têm a percepção de que todos ganham; ii) 90 % dos moradores aprovaram; iii) redução no consumo entre 10 % e 39 %.

Legislação Brasileira

Várias legislações contribuem para a implantação da MI: i) Lei Federal N° 8.078 (Código de Defesa do Consumidor) – “*é direito de todo cidadão brasileiro obter produtos e serviços com especificações corretas de quantidade, qualidade e preço*”, ii) Código Civil Brasileiro (Artigo 1331) – “*as redes de distribuição de água que são utilizadas em comum pelos condôminos não podem ser alienadas separadamente ou divididas*”; iii) Lei Federal N° 9.433 (Artigo 49) referente à Política Nacional de Recursos Hídricos – “*constitui infração às normas de uso dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos fraudar as medições de volume de água usadas ou declarar valores diferentes dos medidos*”; iv) Lei Federal N° 11.445 (Artigos 2, 22, 29 e 40) referente a Política Nacional de Saneamento – “*a prestação de serviço de saneamento deverá ter tecnologia apropriada, a entidade reguladora do saneamento editará normas sobre medição, os serviços públicos devem observar a inibição do consumo supérfluo e os serviços poderão ser interrompidos caso se constate negativa do usuário à hidrometração*”. A obrigatoriedade da MI em prédios residenciais novos está ocorrendo em várias cidades do Brasil, por meio de projetos de lei ordinária que estão sendo aprovados nas Câmaras Municipais (Vide Tabela 1).

Tabela 1 – Legislações de medição Individualizada de água no Brasil

Município	UF	Lei Municipal ou Distrital	Ano	Município	UF	Lei Municipal ou Distrital	Ano
Americana	SP	4.209	2005	Niterói	RJ	2.340	2006
Aracaju	SE	2.879	2000	Passo Fundo	RS	110	2003
Brasília	DF	3.557	2005	Piracicaba	SP	169	2004
Campinas	SP	12.474	2006	Recife	PE	16.759	2002
Curitiba	PR	10.785	2003	Salvador	BA	7.780	2009
Fortaleza	CE	9.009	2005	Santo André	SP	8.967	2007
Guarulhos	SP	4.650	1994	São Paulo	SP	14.018	2005
Natal	RN	238	2006	Teresina	PI	3.033	2001

Legenda: UF é unidade da federação.

3. Metodologia da Pesquisa

A estruturação da proposta metodológica (Vide Figura 1) foi elaborada a partir do conhecimento das áreas de maior interesse do trabalho, onde se buscou um entendimento consistente sobre a implantação e operacionalização da medição individualizada de água em prédios multifamiliares (MIAP).

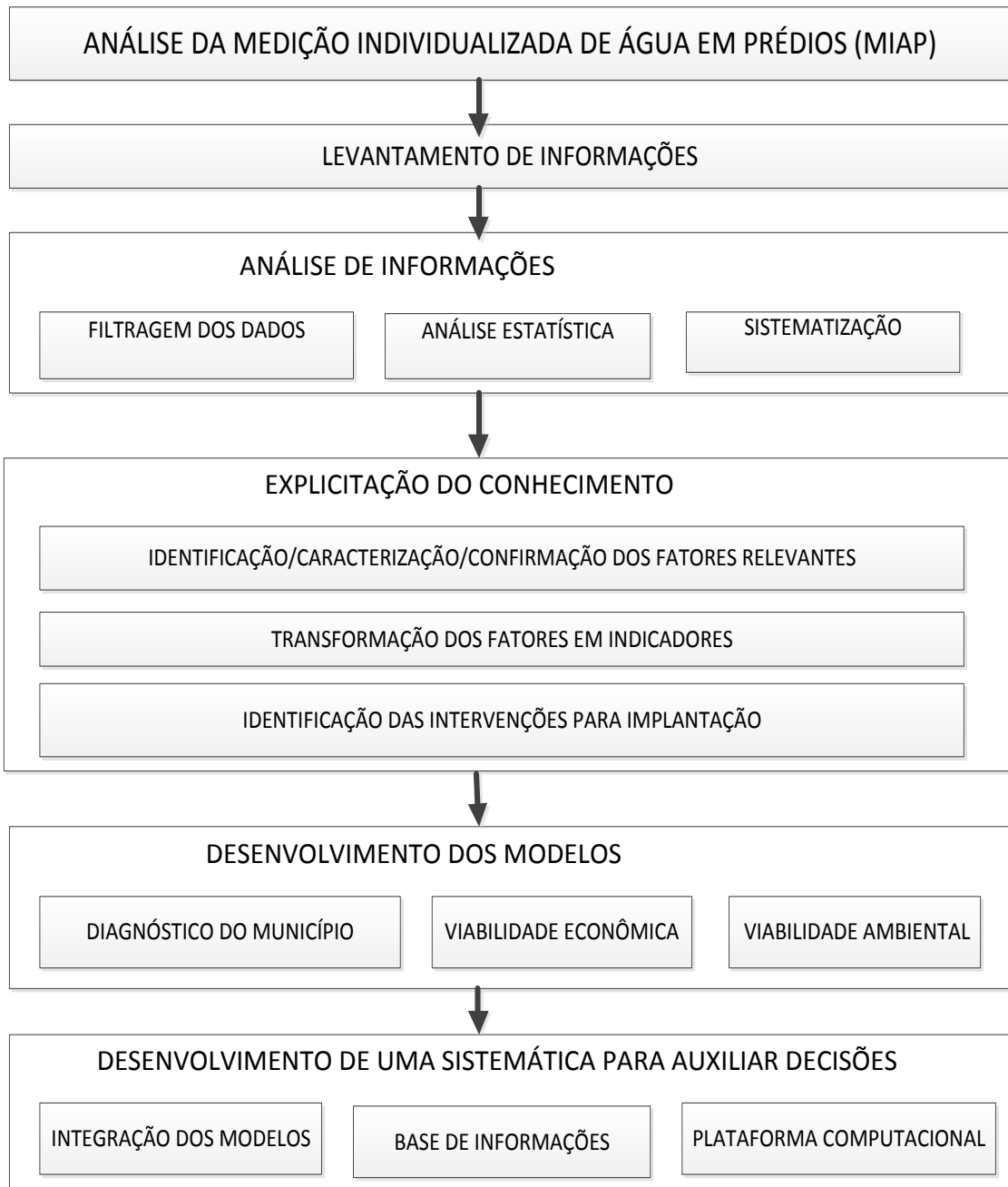


Figura 1 – metodologia da pesquisa

O desenvolvimento dos modelos é tratado de forma a atender aos diversos atores envolvidos no processo de MIAP auxiliando nas suas decisões quanto ao tema. Inicialmente deve ser conhecida a situação local (município) quanto a MIAP, possível a partir do *Modelo Diagnóstico do Município*, objeto do presente artigo. Caso haja uma condição local favorável à implantação da MIAP, deve-se efetuar uma análise sob as óticas: i) ambiental com estimativa dos benefícios (economia de água, economia de energia, redução na produção de esgoto, etc.); ii) econômica pela avaliação da viabilidade de implantação da MIAP para a prestadora de serviço de saneamento (PSS), o condomínio do prédio multifamiliar e o morador do apartamento do prédio multifamiliar que será respondida a partir do fluxo de caixa e do retorno de investimento calculado pelo *modelo viabilidade econômica e ambiental*.

Pensando em linguagem de tecnologia da informação (TI), os modelos são integrados e estrutura-se uma base de informação. Por fim, por intermédio de uma plataforma computacional, espera-se que os usuários (governo, PSS, condomínio do prédio multifamiliar e morador do apartamento) acessem as informações pertinentes à MIAP, subsidiando as decisões quanto à implantação e operacionalização.

4. O Modelo Diagnóstico do Município

A implantação da MIAP depende de aspectos relacionados ao local, ao consumidor e à prestadora de serviço de saneamento (PSS). O conhecimento da população do município, das especificidades urbanas, do arcabouço legal-institucional local e das características dos sistemas prediais, é de fundamental importância para o sucesso da MIAP. Embora muitos desses aspectos tenham forte integração, de forma a facilitar a compreensão, os mesmos são tratados por componentes e analisados individualmente.

Componente Municipal

A decisão de implantar ou não a MI é do município ou do Distrito Federal, pois a Constituição Federal referencia que esses entes federativos são responsáveis pela prestação dos serviços essenciais, onde se insere o abastecimento de água. O adensamento e crescimento populacional, o porte e a situação quanto ao abastecimento de água foram identificados como relevantes na abordagem municipal. Tais fatores são caracterizados respectivamente pelos indicadores: densidade demográfica (D_d), taxa de crescimento populacional (T_{cp}), população do município (P_{mn}) e grau de atendimento à demanda (G_{ad}), conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Indicadores do componente municipal

Fator	Indicador	Unidade	Fonte de Consulta
Adensamento populacional	D_d	Hab/km ²	Site do IBGE
Crescimento populacional	T_{cp}	% / ano	Site do IBGE
Porte do município	P_{mn}	Habitantes	Site do IBGE
Situação de abastecimento de água	G_{ad}	-	Site da ANA

Componente Usuário

O componente usuário agrega três fatores que influenciam o consumo de água no prédio residencial: o total de moradores, o tempo de permanência médio dos moradores no apartamento e o padrão de consumo de água. Para caracterizar tais fatores, têm-se os indicadores: tamanho da família (T_{fm}), tempo de permanência médio dos moradores no apartamento (T_{pe}) e consumo médio *per capita* de água (C_{pc}), vide Tabela 3.

Tabela 3 – Indicadores do componente consumidor

Fator	Indicador	Unidade	Consulta
Total de moradores	T_{fm}	Habitantes/prédio	¹
Tempo de permanência	T_{pe}	Horas/dia	¹
Padrão de consumo de água	C_{pc} ¹	(Litros/habitante)/dia	Site do Ministério das Cidades

¹ indicador operacional IN022 do SNIS.

Componente Institucional

Na implantação e operacionalização da MIAP, a PSS e a agência reguladora têm um papel fundamental devido à responsabilidade pela coordenação e avanço do processo. Foram identificados 11 fatores para o componente institucional: cobrança do esgoto, situação financeira da PSS; perda de água, recursos financeiros para projetos/obras de MIAP; cultura de hidrometração da PSS; tratamento de água; consumo mínimo de água cobrado pela PSS; arcabouço institucional no saneamento; solicitações de MIAP à PSS; valor cobrado no consumo mensal de água entre 10 e 30 m³; inadimplência na conta de água dos prédios multifamiliares. Os 11 indicadores citados na

Tabela 4 são: cobrança do esgoto na conta de água (C_{eg}), capacidade de investimento da PSS (C_{iv}), perdas físicas na distribuição de água (P_{fs}), linha de crédito para financiamento de projetos/obras (L_{cd}), grau de hidrometração (G_{hi}), custo do tratamento de água (C_{ta}), valor do consumo mínimo de água (VC_{mn}), forma do arcabouço (F_{ac}), prazo de análise das solicitações de individualização (P_{as}), tarifa residencial cobrada no consumo mensal de água entre 10 e 30 m³ (T_{rs}) e inadimplência na conta de água dos prédios multifamiliares (I_{ca}).

Tabela 4 – Indicadores do componente institucional

Fator	Indicador	Unidade	Fonte de Consulta
Cobrança de esgoto	C_{eg}	%	Site da PSS local
Situação financeira da PSS	C_{iv}^{*1}	-	Site do Ministério das Cidades
Perda física de água	P_{fs}^{*2}	%	Site do Ministério das Cidades
Recursos financeiros para projetos e obras de MIAP	L_{cd}	-	PSS local
Cultura de hidrometração da PSS	G_{hi}^{*3}	%	Site do Ministério das Cidades
Tratamento de água	C_{ta}^{*4}		Site do Ministério das Cidades
Consumo mínimo de água cobrado pela PSS	VC_{Mn}	m ³ /mês	Site da PSS local
Arcabouço institucional no saneamento	F_{ac}	-	Site da PSS local
Solicitações de MIAP a PSS	P_{as}	dias	Site da PSS local
Valor cobrado no consumo mensal entre 10 e 30 m ³	T_{rs}	R\$ / m ³	Site da PSS local
Inadimplência nas contas de água dos prédios	I_{ca}	%	PSS local

¹ indicadores FN022, FN017, FN023 e FN024 do SNIS; ² indicador operacional IN022 do SNIS; ³ indicador operacional IN009 do SNIS; ⁴ indicador operacional IN043 do SNIS.

Componente Legal

São fundamentais na implantação da MIAP a existência de regulação, legislação vigente e orientações para o consumidor e o projetista. Tais fatores são agregados no componente legal, tendo os seguintes indicadores: política de regulação (P_{re}), normas e procedimentos (N_{el}) e legislação (L_{rg}), vide Tabela 5. Deve-se lembrar de que a falta de regulação leva à auto-fiscalização da PSS, podendo ocasionar uma relação não equilibrada com o consumidor. Num ambiente de regulação, a MIAP é uma ferramenta que contribui para melhorar a eficiência no atendimento ao consumidor.

Tabela 5 – Indicadores do componente legal

Fator	Indicador	Unidade	Consulta
Política de Regulação	P_{re}	-	Site da PSS local
Orientação para os consumidores e projetistas	N_{el}	-	Site da PSS local
Legislação	L_{rg}	-	Site da PSS local

Componente Predial

A tipologia construtiva da edificação, o sistema de medição e as condições da instalação hidráulica são elementos importantes na avaliação da MIAP. Aprofundando-se o estudo desses elementos, foram identificados alguns fatores importantes nos sistemas prediais: total de pavimentos; idade do prédio; total de apartamentos; concepção estrutural; forma de alimentação de água no apartamento; tecnologia de descarga nos vasos sanitários dos banheiros e existência de leitura remota. Para tais fatores foram sugeridos os seguintes indicadores conforme Tabela 6: grau de horizontalização, que é a relação do total de apartamentos pelo total de pavimentos (IH), idade do prédio multifamiliar (I_{ed}), total de apartamentos no prédio multifamiliar (TA), sistema estrutural do prédio (S_{es}), total de colunas de alimentação de água no apartamento (T_{ca}), existência de descarga com válvula (E_{vd}) e leitura remota (LR).

Tabela 6 – Indicadores do componente predial

Fator	Indicador	Unidade	Fonte de Consulta
Total de pavimentos	IH	-	1
Idade do prédio	I_{ed}	Anos	1
Total de apartamentos	TA	-	1
Estrutura	S_{es}	-	1
Forma de alimentação de água no apartamento	T_{ca}	-	1
Tecnologia de descarga nos vasos sanitários dos banheiros	E_{vd}	-	1
Existência de leitura remota	LR	-	1

¹ a consulta deverá ser feita em cada prédio residencial.

Resposta ao município

Trabalhou-se com indicadores qualitativos e quantitativos. A utilização do indicador quantitativo depende da sua mensuração que deve ser fácil e não onerosa. A opção pelo qualitativo é justificável por dois motivos: dificuldade de mensurar a informação e objeto de interesse não quantificável. As informações dos indicadores de distintas naturezas e significâncias são agregadas em um único valor representativo conhecido como índice. A escala dos indicadores é apresentada na Tabela 7.

Com o intuito de orientar a prefeitura, a PSS e a agência reguladora quanto à situação da MIAP, propõe-se o desenvolvimento de um modelo que utiliza indicadores referentes aos fatores considerados relevantes, onde, a partir do valor de um índice pertinente ao componente (vide equação 1), é feito o diagnóstico da situação do município:

$$SMI = \sum_{i=1}^n P_{c(n)} I_{c(n)} \quad (1)$$

Na qual: SMI é a situação do município quanto a MIAP; $I_{c(n)}$ é o valor do índice encontrado para um determinado componente; $P_{c(n)}$ é o peso atribuído a determinado índice, no modelo proposto será a média aritmética dos pesos atribuídos pelos especialistas.

Os indicadores são mensurados a partir de uma escala apresentada na Tabela 7. Tais indicadores (fatores) foram agregados em índices (componentes), onde tem-se cinco índices equivalentes aos componentes municipal, usuário, institucional, legislação e predial. O cálculo de cada um dos cinco índices é realizado por intermédio da média ponderada dos indicadores (Vide equação 2).

Tabela 7 – Agrupamento dos indicadores com respectivas escalas

Índice (Componente)	Indicador (fator)	Escala				
		- 1	-0,5	0	0,5	1
Municipal	D_d (hab/km ²)	0 a 250	251 - 500	501 - 1.000	1.001 - 5.000	> 5.000
Municipal	T_{cp}^{*1} (%/ano)	< 0,98	0,99 – 1,02	1,03 - 1,06	1,07 - 1,10	> 1,10
Municipal	P_m (1.000 hab)	250 - 500	501 - 1.000	1.001 - 2.000	2.001 - 4.000	> 4.000
Municipal	G_{ad}	Sistema Satisfatório	-	Ampliação do Sistema	-	-
Consumidor	C_{pc} (l/hab) / dia	< 100	101 - 150	151 - 200	201 - 250	> 250
Consumidor	P_{se} (SM/família)	0,25	0,26 - 0,5	0,51 - 1	1,01 - 1,5	>1,5
Consumidor	T_{fm} (hab/apart)	1	2	3 - 4	5	>5
Consumidor	T_{pm} (horas/dia)	< 8	8 - 10	11 - 12	13 - 14	> 14
Institucional	I_{ab} (horas/ano)	< 72	72 - 143	144 - 287	288 - 1.152	> 1.152
Institucional	C_{eg} (%)	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
Institucional	C_{iv}^{*2}	R > D	R > D	R > D	R < D	R < D
Institucional	P_{is} (%)	Iag > Iesg	Iag < Ieg	RD > (R-D)	RD < R	RD > R
Institucional	L_{cd}	Inexistente	Discussão	Aprovada	Disponível	Utilizada
Institucional	G_{hi} (%)	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	> 80
Institucional	C_{ta} (R\$/ m ³)	< 2	2 - 2,5	2,6 - 3	3,1 - 3,5	>3,5
Institucional	VC_{mn} (m3/mês)	0	1 - 3	4 - 6	7 - 9	≥10
Institucional	F_{ac}	Regulação Inexistente	Regulação (implantar)	Regulação + PSS Privada	Regulação + PSS Estadual	Regulação + PSS Local
Institucional	P_{as} (dias)	Inexistente	Discussão	61 - 90	31 - 60	Até 30
Institucional	P_{cr} (%)	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	> 80
Institucional	T_{rs} (R\$/m ³)	< 2	2 - 3,5	3,6 - 5	5,1 - 6,5	> 6,5
Institucional	I_{ca} (%)	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	> 80
Institucional	P_{re}	Inexistente	Projeto Lei	Existente	Implantação	Aplicada
Legislação	N_{el}	Inexistente	Elaboração	Discussão	Aprovada	Disponível
Legislação	L_{rg}	Inexistente	Elaboração	Discussão	Aprovada	Aplicada
Predial	E_{aq}^{*3}	> 80 %	61 - 80 %	41 - 60 %	20 - 40 %	< 20 %
Predial	IH^{*4}	>10	9 - 10	7 - 8	5 - 6	1 - 4
Predial	I_{ed}^{*5}	< 20 %	20 - 40 %	41 - 60 %	61 - 80 %	> 80 %
Predial	TA^{*6}	>100	71 - 100	51 - 70	31 - 50	0 - 30
Predial	S_{es}^{*7}	>1pç/m ²	0,8 - 1 pç/m ²	0,6 - 0,79 pç/m ²	0,4 - 0,59 pç/m ²	< 0,4 pç/m ²
Predial	T_{ca}^{*8}	>7 colunas	6 - 7 colunas	4 - 5 colunas	2 - 3 colunas	1 coluna
Predial	E_{vd}^{*9}	>3 válvulas	3 válvulas	2 válvulas	1 válvula	Inexistente
Predial	I_{hd}^{*10}	< 20 %	20 - 40 %	41 - 60 %	61 - 80 %	> 80 %
Predial	LR	Inexistente	Conhecer	Validar	Norma	Utilizada
			Tecnologias	Tecnologias	Elaborada	

¹ a t_{cp} é determinada a partir do site do IBGE;² os indicadores relacionados são do SNIS, respectivamente, Ro (receita operacional – R\$/ano, indicador FN022), D (despesa total – R\$/ano, indicador FN017), RD é a diferença de R por D, Iag (investimento em abastecimento de água – R\$/ano, indicador FN023) e Ieg (investimento em esgotamento sanitário – R\$/ ano, indicador FN024); ³ mensurado em função do percentual de prédios multifamiliares com instalações de água quente em relação ao total; ⁴ mensurado em função do IH médio calculado a partir do IH de cada prédio multifamiliar;⁵ mensurado em função do percentual de prédios multifamiliares com mais de 20 anos em relação ao total;⁶ mensurado em função do TA médio calculado a partir do TA de cada prédio multifamiliar;⁷ mensurado em função do S_{es} médio calculado a partir do S_{es} de cada prédio multifamiliar; ⁸ mensurado em função do T_{ca} médio calculado a partir do T_{ca} de cada prédio multifamiliar; ⁹ mensurado em função do E_{vd} médio calculado a partir do E_{vd} de cada prédio multifamiliar;¹⁰ mensurado em função do percentual de hidrômetros gerais dos prédios multifamiliares com mais de 8 anos em relação ao total.

$$I_{c(n)} = \sum_{i=1} P_{I(n)} I_{I(n)} \quad (2)$$

Na qual: $I_{c(n)}$ é o valor do índice encontrado para um determinado componente; $I_{I(n)}$ é o valor do indicador encontrado para um respectivo fator; $P_{I(n)}$ é o peso do indicador.

A resposta ao município é função do valor calculado para o SMI, no qual: i) SMI menor que 0 significa que a medição individualizada de água em prédios não é recomendada; ii) SMI entre 0 e 0,5 significa que devem ser efetuados ajustes para implantação da medição individualizada de água em prédios; iii) SMI maior que 0,5, significa que o local está em condições de implantar a medição individualizada de água em prédios.

5. Resultados e Discussão

Os resultados pertinentes à aplicação do modelo diagnóstico referem-se a: consulta aos especialistas para análise dos fatores relevantes para a MIAP propostos pelo pesquisador e SMI de municípios pré-estabelecidos.

Consulta aos especialistas

Foram respondidos 70 % dos questionários enviados aos especialistas conforme mostra a Tabela 8. Obteve-se, então, a confirmação de 81 % dos fatores com os seguintes pesos (Vide Figuras 2 e 3).

Foram desconsiderados os seguintes fatores como influentes na MIAP pelos especialistas:

- Padrão sócio-econômico, devido ao interesse em implantar ser mais forte nos prédios populares, mesmo havendo limitação no poder aquisitivo;
- Intermitência no sistema de abastecimento de água, por a maioria das cidades dos especialistas consultados não ter falta de água;
- Participação do consumo residencial no consumo total de água, dado que de acordo com o especialista das PSS não existe diferenciação dos tipos de usuários;
- Existência de instalação predial de água quente, uma vez que o chuveiro elétrico é o sistema de aquecimento mais comum nos prédios populares e na região Nordeste;
- Grau de horizontalização, a tipologia de prédio não interfere na MI, a grande influência será do total de apartamentos (economias), onde cada família decidirá se implanta ou não a MI;
- Idade do hidrômetro, não foi considerada influente por a instalação dos medidores individuais não depender do medidor geral.

Tabela 8 – Amostra de especialistas que responderam o questionário

Especialista	Componente	Total
Prestadora de serviço de saneamento	Institucional	7
Engenheiro (projeto/obras)	Predial	4
Conhecimento total	Todos	2
Professor universitário	Todos	1
-		14

Os pesos dos indicadores foram obtidos a partir das notas atribuídas pelos especialistas. Para cada indicador obteve-se a nota média, somadas essas notas tem-se a nota acumulada por componente. Dividindo-se a nota média de cada indicador pela nota acumulada do respectivo componente, calcula-se o peso do indicador. Os pesos atribuídos a cada indicador apresentaram valores compreendidos entre 0,05 e 0,40 em uma escala de 0 a 1.

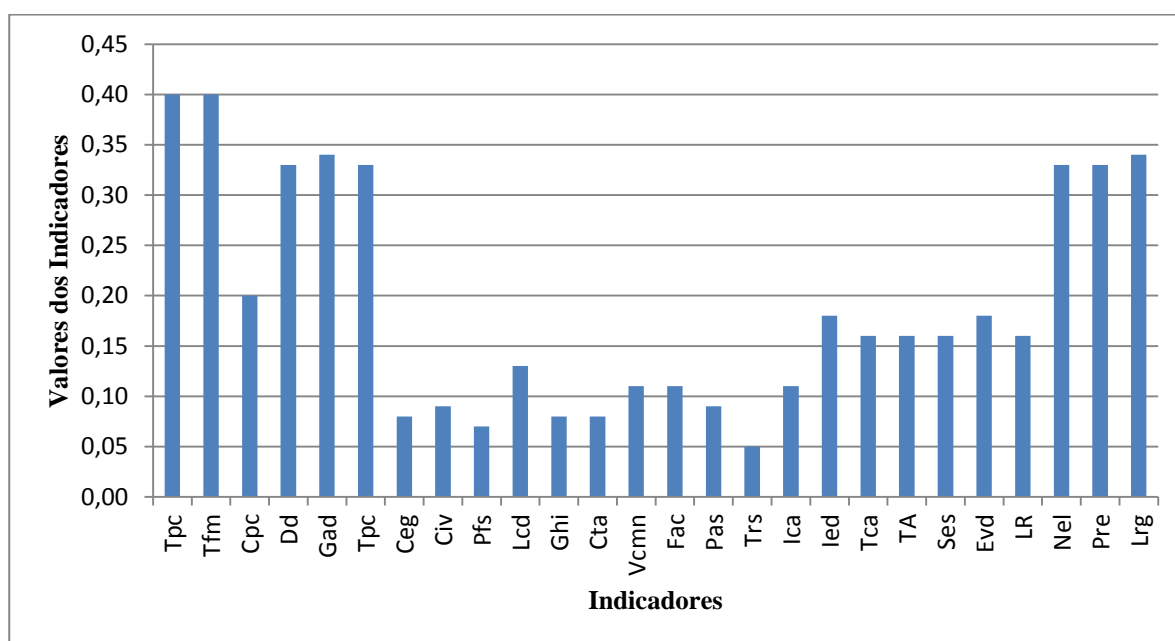


Figura 2 – Valor médio dos pesos dos indicadores

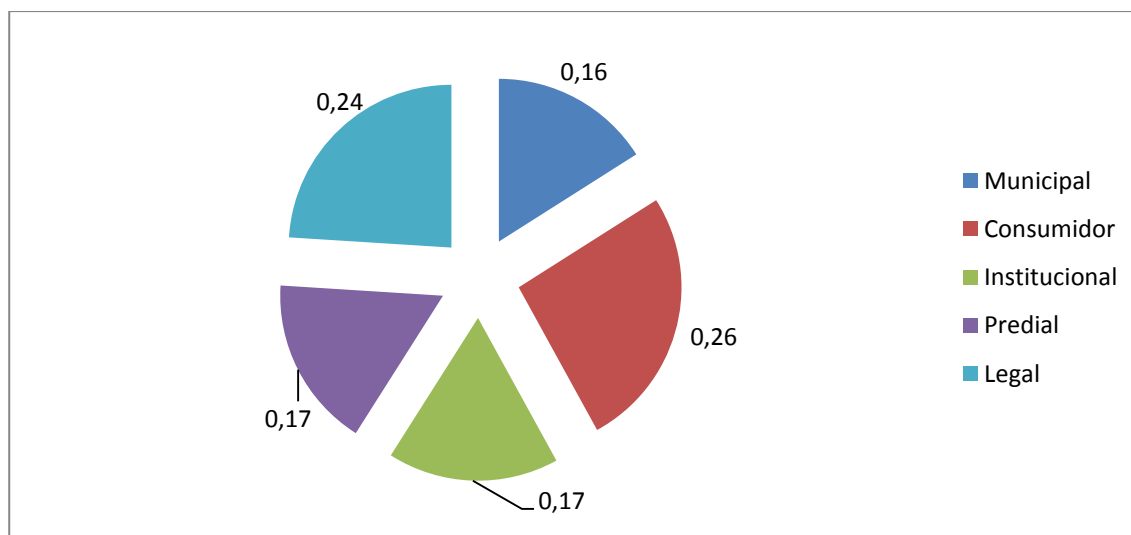


Figura 3 – Distribuição dos pesos por componente

Aplicação aos municípios

Para cada município efetuou-se o levantamento dos valores dos indicadores a partir de consulta ao SNIS e ao site das PSS, organizados nas Tabelas 9 e 10 e utilizou-se a planilha eletrônica elaborada pelo pesquisador para obtenção dos resultados.

Tabela 9a – Indicadores operacionais das prestadoras de serviço de saneamento

Local	PSS	GAD	C_{pc} (l/hab)dia	C_{eg} (%)	P_{fs} (%)
Salvador	EMBASA	Ampliação do sistema	153,3	80	47,1
Fortaleza	CAGECE	Ampliação do sistema	167,2	100	27,3
Belo Horizonte	COPASA	Satisfatório	170,6	100	33,6
Recife	COMPESA	Ampliação do sistema	112,3	100	65,1
Porto Alegre	DMAE	Satisfatório	208,7	100	23,2
Goiânia	SANEAGO	Novo manancial	164,4	100	23,5
Campinas	SANASA	Satisfatório	217,4	100	19,5
Teresina	AGESPISA	Ampliação do sistema	135,7	50	59,3

Tabela 9b – Indicadores operacionais das prestadoras de serviço de saneamento

Local	PSS	Ghi(%)	VC_{mn} (m ³ /mês)	ICE(Kwh/m ³)	V_{ap} (m ³ /mês)	P_{cr} (%)
Salvador	EMBASA	100,0	10	0,74	10.948.396	91,1
Fortaleza	CAGECE	100,0	10	1,04	9.840.328	92,7
Belo Horizonte	COPASA	100,0	6	0,71	11.246.998	87,1
Recife	COMPESA	93,0	10	0,15	4.299.229	93,0
Porto Alegre	DMAE	96,7	4	0,43	7.836.190	87,7
Goiânia	SANEAGO	93,8	10	0,92	5.773.564	89,5
Campinas	SANASA	100,0	10	0,59	6.272.262	90,1
Teresina	AGESPISA	94,2	10	0,84	2.878.360	89,9

Tabela 10a – Indicadores financeiros das prestadoras de serviço de saneamento

Local	PSS	R_o (R\$/ano)	D (R\$/ano)	I_{ag} (R\$/ano)
Salvador	EMBASA	644.289.535	367.158.420	46.121.000
Brasília	CAESB	952.615.909	719.825.698	61.653.146
Fortaleza	CAGECE	382.155.977	224.134.204	31.316.014
Belo Horizonte	COPASA	860.075.919	677.733.675	73.555.586
Recife	COMPESA	279.307.265	266.403.324	331.860.834
Porto Alegre	DMAE	370.056.222	234.964.260	17.235.396
Goiânia	SANEAGO	398.875.070	211.220.184	60.064.479
Campinas	SANASA	510.998.520	354.439.815	7.624.802
Teresina	AGESPISA	129.859.043	171.377.668	38102335

Tabela 10b – Indicadores financeiros das prestadoras de serviço de saneamento

Local	PSS	T_{rs} R\$/m ³	V_{ee} (R\$/kwh)	C_{tee}^1 (R\$/m ³)	C_{ta} (R\$/m ³)
Salvador	EMBASA	5,7	0,18	0,13	1,35
Brasília	CAESB	4,8	0,20	0,10	2,22
Fortaleza	CAGECE	3,4	0,50	0,52	1,39
Belo Horizonte	COPASA	4,1	0,29	0,21	1,45
Recife	COMPESA	3,3	0,13	0,02	2,52
Porto Alegre	DMAE	2,3	0,26	0,11	1,62
Goiânia	SANEAGO	3,2	0,23	0,21	1,50
Campinas	SANASA	3,6	0,27	0,16	2,20
Teresina	AGESPISA	3,3	0,15	0,13	3,42

¹ produto dos indicadores V_{ee} e C_{ee}

Foram escolhidos oito municípios para aplicação do modelo, optando-se por locais com conhecimento da situação atual e estágios diferenciados quanto à MIAP. Esses locais foram divididos em três grupos:

- Grupo 1 (estágio avançado da MIAP) – medição individualizada como atividade rotineira e mais da metade dos prédios existentes individualizados, caso das cidades de Recife e Goiânia;
- Grupo 2 (estágio intermediário da MIAP) – arcabouço legal constituído e PSS com estrutura administrativa, porém com menos da metade de prédios com medição individualizada, caso das cidades de Salvador, Fortaleza, Teresina e Campinas;
- Grupo 3 (estágio inicial da MIAP) – processo em discussão com entraves que tem dificultado o avanço da MIAP, casos de Belo Horizonte e Porto Alegre.

Na presente pesquisa, não foi realizada a coleta de dados nos prédios multifamiliares, devido ao limite de tempo, à logística requerida e ao custo. Consideraram-se, então, três cenários: i) otimista, com todos os indicadores não levantados com valor igual a 1; ii) normal, com todos os indicadores não levantados com valor igual a 0; iii) pessimista, com todos os indicadores não levantados igual a -1. Os resultados do índice SMI para cada município são apresentados na Tabela 11.

Analisado cada local sob a ótica do grupo o qual foi classificado anteriormente. Esperava-se que os dois maiores valores do SMI fossem de Goiânia e Recife, fato que não aconteceu. Fortaleza apresentou SMI maior que Recife, é sabido que Recife foi o primeiro local a implantar a medição individualizada de água, tendo aprendido o processo na própria implantação, a grande quantidade de prédios nesse local justifica-se por a medição individualizada de água estar em andamento desde a década de 90, o que não ocorreu nos demais locais.

Tabela 11 – Valores do índice SMI por município

Município	Grupo	Cenário Pessimista	Cenário Normal	Cenário Otimista
Recife	1	-0,34	0,15	0,65
Goiânia	1	-0,23	0,26	0,77
Salvador	2	-0,40	0,09	0,58
Fortaleza	2	-0,25	0,24	0,74
Teresina	2	-0,37	0,11	0,60
Campinas	2	-0,46	0,04	0,53
Belo Horizonte	3	-0,47	0,01	0,50
Porto Alegre	3	-0,40	-0,10	0,40

6. Conclusões

Os resultados quanto ao SMI para cada local dependem de especificidades e arcabouço jurídico-institucional constituído, diante da experiência de locais com o processo de MIAP em andamento foi possível desenvolver uma ferramenta que auxilie na decisão de futuros municípios que desejem implantar a medição individualizada. Hoje, tem-se no Brasil mais de 120 municípios com mais 250.000 habitantes (totalizando uma população de 77 milhões de habitantes) propensos a implantarem a MI nos próximos anos.

Agradecimentos

À Agência Nacional pela minha liberação para fazer o doutorado e às instituições que forneceram informações para o presente estudo – CAESB, ADASA e SANEAGO.

8. Referências Bibliográficas

Arreguin, A.; Iacute, N.C.F.; Buenfil, R.M. (1991). *Recomendaciones para ahorrar água em domicílios, riegos e industrias*. Instituto Mexicano de Tecnologia del Agua. Cuernavaca. Mexico.

Buchberger, S.G. (1996). “Intensity, duration and frequency of residential water demand”. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 122(1), 13-21.

Caluz, R.E. (2006). “Projeto para Individualização de medição de água em prédios residenciais populares em Franca-SP”. *Revista Saneas*, n.22, 28-30.

Chang, W.S. (1997). “Demand management”. *Water Supply*, v.15, n.1, p35-39.

Cohim, E., Santos, D.F., Fontoura, K. e Silva, S.R.S. (2009). “Medição individualizada de água: a percepção dos usuários”. *XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Recife, Brasil.

Corral, V. (2003). *Determinantes psicológicos e situacionais do comportamento de conservação de água: um modelo estrutural*. *Estudos Psicológicos*, 8(2), 245-252, Universidade de Sonora, Mexico.

Griggs, J.C. e Shouler, M.C. (1994). “Examination of water conservation measures”. *CIB w62 Symposium*.

Hanke, S.H. e De Mare, L. (1982). “Residential water demand: a pooled time series, cross section study of Malmo, Sweden”. *Water Resources Bulletin*, 18(1), 621-625.

Holanda, M.A.A.G. (2008). *Medição Individualizada em Edifícios Residenciais: controle e redução de consumo de água*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, PE, 133p.

Memon, F. A.; Bluter, D. (2006). “Water consumption trends and demand forecasting techniques”. *Water Demand Management*. London: IWA. Imperial College, 2006. cap. 1, p. 01-26.

Nunes, S.S. (2000). *Estudo de Conservação de Água em Edifícios Localizados no Campus da Universidade Estadual de Campinas*. Dissertação de Mestrado, Publicação Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, 154p.

Peres, A. R. B. (2006). *Avaliação durante operação de sistemas de medição individualizada de água em edifícios residenciais*. Dissertação de Mestrado, Publicação Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, GO, 159p.

Renshaw, L.F. (1982). “Conserving water pricing”. American Water Works Association, New York, janeiro.

Ribeiro, M.R.R. (2007). “Gestão da demanda de água em centros urbanos do semi-árido nordestino”. *XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, São Paulo, Brasil.

Tamaki, H.O. (2003). *A Medição Setorizada como Instrumento de Gestão da Demanda de Água em Sistemas Prediais – Estudo de Caso: Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo (USP)*. Dissertação de Mestrado, Publicação Departamento de Engenharia e Construção Civil da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, 151p.

Yamada, E.S, Prado, R.T.A. e Yoshimoto, P.M. (2001). *Os impactos do sistema individualizado de medição de água*, Boletim Técnico 297, Publicação Departamento de Engenharia e Construção Civil da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, 17p.

