

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DAS CHUVAS NO ALTO VALE DO JEQUITINHONHA: UMA PROPOSTA PARA MITIGAÇÃO DO EFEITO DA ESCASSEZ DE ÁGUA NA REGIÃO

Hélio da Silva Mota¹
José Helvécio Martins²

188

Resumo: A Região do Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais, como toda a região semiárida brasileira, tem enfrentado dificuldades com a severa escassez de água ao longo dos anos. Para a minimização deste problema, a captação e o armazenamento de água das chuvas, vem sendo utilizado por meio de um programa do Governo Federal denominado “*Programa 1 Milhão de Cisternas – PIMC*”, com a construção de reservatórios com capacidade para 16.000 litros. Todavia, este programa, que está presente em toda região semiárida brasileira, foi desenvolvido de forma empírica, e o volume de água armazenado não tem sido suficiente para o abastecimento de água residencial para as famílias durante todo o período de seca. Neste contexto, o objetivo neste trabalho foi avaliar a capacidade de aproveitamento de água das chuvas na zona rural do município de Turmalina, na região do Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais, a fim de melhorar o sistema de captação e armazenamento de água das chuvas. Para realização deste trabalho, os índices pluviométricos nesta região, no período de 2004 a 2016, bem como a capacidade de armazenamento de água das chuvas em função da demanda, foram analisados. O programa *Vensim PLE 6.3 e Excel* foram utilizados para modelagem e simulação do sistema elaboração de planilhas. Observou-se que o período de seca anual é de, aproximadamente, sete meses e que, mesmo no período chuvoso, há uma distribuição irregular dos índices pluviométricos ao longo dos anos. Concluiu-se que a área de captação de água das chuvas no telhado e a capacidade de armazenamento das cisternas existentes não são suficientes para suprir toda a demanda de água no período de seca. Portanto, este estudo recomenda a construção de um novo sistema de captação de água das chuvas, denominado “*terreiro de concreto*”, adequadamente dimensionado, para aumentar a área de captação de água das chuvas, bem como ampliar o volume dos reservatórios de 16.000 litros para 30.000 litros.

Palavras-chave: Água de Chuvas. Reuso de água. Cisternas. Escassez de Água.

Abstract: The region of Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais, as all Brazilian semi-arid region, has faced difficulties with the severe water shortage over the years. To minimize this problem, the collecting and storage of rainwater, in order to meet the minimum per capita consumption of 50 liters/day, as established by the United Nations-UN, has been used by a Federal Government program called “*Programa 1 Milhão de Cisternas – PIMC*”, with the construction of reservoirs with a capacity of 16,000 liters. However, this program, which is

¹ Graduado em Engenheiro Civil pelo Centro Universitário de Itajubá. Licenciatura em Física pelo Instituto Intellectus. Mestre em Engenharia e Gestão de Processos e Sistemas – IETEC. Professor do Instituto Educacional Tecsoma Ltda. hmotaitajuba@hotmail.com

² Graduado em Engenharia Agrícola pela UFV. Mestre e Doutor em Engenharia Agrícola pela UFV. PhD em Instrumentação e Controle de Processos pela Universidade de Aveiro. Professor Titular da Universidade Federal de Viçosa, MG, Brasil. j.helevecio.martins@gmail.com

present in all Brazilian semi-arid region, was developed empirically, and the volume of stored water has not been enough for the residential water supply for the families during the whole period of drought. In this context, this work aims at to evaluate the capacity of utilization of rainwater in the rural municipality of Turmalina, in the Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais, in order to improve the system for collecting and storing rainwater. For developing this work, the rainfall in this region, in the period of 2004 to 2016, as well as the capacity of storing rainwater as a function of demand, were analyzed. The Vensim PLE 6.3 computer program was used for modeling and simulation of rainwater collection's system, and Microsoft Excel was used for preparation of spreadsheets. It was observed that the annual dry period is approximately seven months, and that even in the rainy season, there is an uneven distribution of rainfall over the years. It was concluded that the collecting area of rainwater on the roof and the storage capacity of existing reservoirs are not sufficient to meet all the demand for water in the dry period. Therefore, this study recommends the construction of a new system to collect rainwater, called "terreiro concretado" ("concrete patio"), appropriately dimensioned, to increase the collection area of rainwater, as well as the expansion of the volume of the reservoirs of 16,000 liters to 30,000 liters.

Keywords: Rainwater. Reuse of water. Cisterns. Water scarcity.

INTRODUÇÃO

A região do semiárido no Brasil, com aproximadamente 11 milhões de pessoas é a mais povoada do mundo e possui características próprias muito expressivas, das quais a principal delas é a baixa disponibilidade de água natural, bem como pela distribuição irregular ao longo do ano.(BASTOS, 2007).

Os dados revelam que há uma contradição entre a falta de água ocorrida na região Sudeste nos últimos anos se comparado ao potencial hídrico no Brasi. As iniciativas governamentais para levar água onde há excedente para lugares onde há déficit hídrico, tem levado a discussões sobre sua eficiência, uma vez que os recursos hídricos disponibilizados não estão direcionados ao atendimento de toda a população (JARDIM, 2015).

A captação de água das chuvas e o seu armazenamento em reservatórios fazem parte de um projeto idealizado pela rede de organizações sociais Articulação Semiárido Brasileiro - ASA (ASA, 2014), denominado de *Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais* — P1MC, sendo seu principal financiador o Governo Federal. Este projeto é considerado uma das maiores iniciativas mundiais relacionadas à captação e armazenamento de água de chuvas, direcionado para o abastecimento residencial.

As mudanças introduzidas nas comunidades rurais, possibilitam a retomada da identidade dos agricultores locais beneficiados através da melhoria das condições sanitárias,

maior dignidade e esperança para as famílias, sendo caracterizado como tecnologia de inclusão social.(DIAS, 2013).

Em Minas Gerais, a região semiárida é composta por 85 municípios norte do Estado e no Vale do Jequitinhonha. (BASTOS, 2007). A partir de um levantamento em 1999 surgiram as primeiras caixas de coleta de água das chuvas com capacidade de 16.000 litros no município de Turmalina, na região do Alto Vale do Jequitinhonha (ASA, 2016). O volume da caixa é padronizado para toda a região semiárida brasileira, sem levar em consideração as variações nas precipitações pluviométricas no período de seca regional, quantidade de usuários por residência, área de captação do telhado e volume precipitado.

OBJETIVOS

Em geral, este trabalho objetiva avaliar a capacidade de aproveitamento de água das chuvas na zona rural do município de Turmalina, na região do Alto Vale do Jequitinhonha, e propor alternativas para melhorar o sistema de captação e armazenamento de água das chuvas.

Objetivos Específicos:

- Análise dos índices pluviométricos na região do Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais, no período de 2004 a 2016.
- Avaliação da capacidade de coleta de água das chuvas, em razão da sazonalidade e dos índices pluviométricos em função da demanda de água da população do local analisado.
- Análise de sensibilidade do sistema de captação e armazenamento de água das chuvas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A prática de coletar água de chuvas, é bem remota, sendo exercida por diferentes civilizações e culturas ao longo do tempo, desde os povos Oriente, Oriente Médio, Europa e pelos Incas, Maias e Astecas na América Latina, incluindo relatos de dispositivos para coleta e armazenamento de água de chuva construídos e operados há mais de 2000 anos (GONÇALVES, 2006).

A escassez de recursos hídricos, num contexto internacional, tem forçado o desenvolvimento de tecnologias para o aproveitamento de água das chuvas em todo o mundo. Países como China, Nova Zelândia e Tailândia desenvolvem programas semelhantes ao brasileiro, chamado de RTRWH (*Rooftop Rainwater Harvesting*), em que a captação de água das chuvas ocorre a partir da coleta e armazenamento de água do telhado das residências (GOMES, 2014).

Na Colômbia, apesar do crescente incentivo para o aproveitamento de água das chuvas, estudos mostram que os sistemas desenvolvidos são mais eficientes na indústria e nas residências onde há um consumo elevado de água, com valores superiores a 203 litros *per capita* diariamente, em razão da carência de investimentos em pesquisa. (OCANA, 2017).

Em Taiwan, em razão da grande densidade populacional, a quantidade de água disponível *per capita* é de 4074 m³ por ano, ou seja, pouco mais de 11 litros de água *per capita* por dia, o que coloca esta região, mesmo com um volume grande de precipitação anual, na 18ª posição em escassez de água no mundo (LIAW; CHIANG, 2014).

Na Grécia Antiga, a técnica milenar de utilização de água das chuvas tem sido usada com diferentes finalidades, variando desde o consumo humano, na agricultura, alimentação de animais, limpeza, irrigação de parques e jardins (CUNHA, 2011).

O Japão o País armazena a água da chuva como forma de prevenção das enchentes urbanas (GOMES, 2014). Na Alemanha, o incentivo é direcionado ao uso de água das chuvas para conservar as águas subterrâneas. (DIAS, 2013).

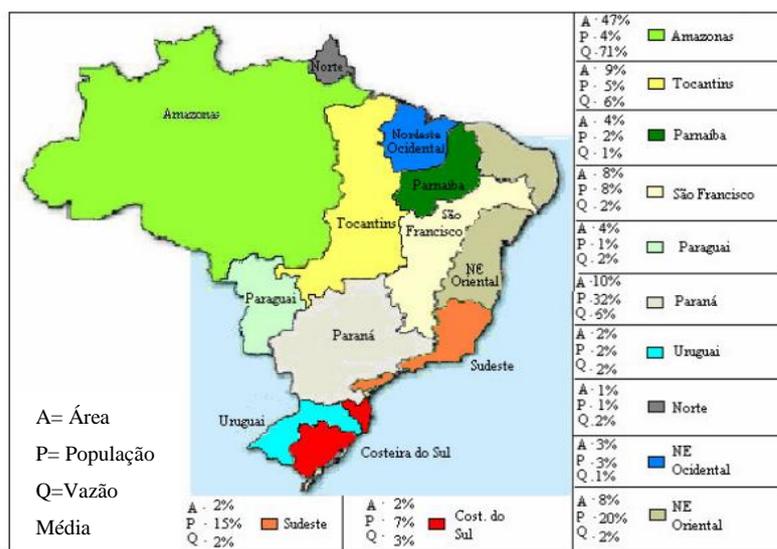
Dentre os inúmeros problemas da sociedade contemporânea, estão as questões e demandas ambientais. A proporção do crescimento populacional não é acompanhada por ações de preservação e proteção ambiental, haja vista que, dentre as maiores preocupações ambientais, encontra-se a água, o recurso mais imprescindível para a vida humana, que tem se tornado foco de atenções inclusive da Organização das Nações Unidas – ONU, declarando que “até 2030, o planeta enfrentará um déficit de água de 40%, a menos que seja melhorada dramaticamente a gestão desse recurso” em seu relatório sobre o Desenvolvimento da Água (ONU, 2015).

Agência Nacional de Águas - ANA, foi criada pela Lei 9.984/00, uma autarquia com autonomia técnica, administrativa e financeira, para implementar, disciplinar, operacionalizar, controlar e avaliar a gestão da Política Nacional dos Recursos Hídricos, com atuação na regulação, monitoramento e desenvolvimento de programas e projetos de gestão e uso racional dos recursos hídricos. (BRASIL, 2000).

O consenso é geral sobre a urgência de políticas públicas que contribuam para conscientizar a população sobre o grande valor que a água representa na vida humana, assim como a urgência de preservação de suas fontes (ASA, 2016).

A figura 1 apresenta uma visão clara da variação na distribuição de recursos hídricos, em relação à população existente em cada região, no tempo e no espaço, entre as diferentes regiões do país (ANA, 2002).

Figura 1 – Regiões hidrográficas brasileiras e percentuais de área, população e vazão hídrica média, por área, em relação ao país.



Fonte: ANA, 2002.

Experiências de Armazenamento de água no Brasil

A maioria das experiências brasileiras de aproveitamento da água da chuva se concentra na região semiárida. Nesta região já foram construídas mais de 588.935 cisternas rurais para captação de água para consumo humano (ASA, 2016).

A Organização dos Estados Americanos – OEA, relata a falta de um programa de difusão de tecnologias com resultados satisfatórios; restrições e limitações financeiras; ausência de uma coordenação interinstitucional e multidisciplinar; pouca legislação adequada que possibilite investimento em tecnologias nesta área; e a incapacidade de avaliar os impactos de forma apropriada das tecnologias alternativas nas tecnologias implantadas (PALMIER, 2001).

Em muitas cidades brasileiras, por exemplo, São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Porto Alegre, têm sido adotadas legislações específicas sobre a coleta da água da chuva, visando principalmente à redução de enchentes. Além disso, os novos empreendimentos passaram a ser obrigados a coletar água da chuva, não apenas para reduzir o “pico de cheias”, como também visando sua utilização para fins não potáveis (GONÇALVES, 2006).

O diagnóstico de água e esgoto, realizado pelo Ministério das Cidades por meio do Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS, 2003), apresenta resultados de consumo médio *per capita* de água no Brasil de 141 litros por dia. Percebe-se que o consumo per capita na região Sudeste é muito superior a média e chega a 174 litros/dia, muito superior a região Noreste que é 107,3 litros/dia, influenciado por diversos fatores como clima, número de habitantes, características culturais, desperdício, custo para disponibilização, dentre outros, oscilando entre 50 L/dia e 600 L/dia (TSUTIYA, 2005).

A Organização Mundial de Saúde recomenda que a pessoa deve ter disponibilidade de água de forma contínua e suficientes para usos pessoais e domésticos, saciar a sede, saneamento pessoal, lavagem de roupa, preparação de refeições e higiene pessoal e do lar, sendo 5 litros de água potável, 20 litros para serviços sanitários, 15 litros para o banho e 10 litros para o preparo de alimentos, o que representa no mínimo 50 de água por pessoa/dia, dados estes adotados neste estudo. (GLEICK, 1999).

Considerando a complexidade da irregularidade na distribuição do regime de chuvas na região analisada, o programa *Vensim* Ple para a modelagem e simulação do sistema de captação de água de chuvas na região do Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais, mais especificamente com foco nas comunidades rurais do município de Turmalina.

METODOLOGIA

Para facilitar as análises e interpretação dos resultados, este trabalho foi dividido em duas partes, descritas detalhadamente nas subseções a seguir:

- (i) análise dos índices pluviométricos no Vale do Jequitinhonha no período de 2004 a 2016;
- (ii) avaliação da capacidade de coleta de água das chuvas em função da demanda de água da população local.

As análises realizadas neste estudo baseiam-se, principalmente, nos dados da distribuição das quantidades de precipitação pluviométricas obtidos da série histórica disponibilizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016), na estação pluviométrica instalada na cidade de Salinas, Minas Gerais, na região do Alto Vale do Jequitinhonha, bem como nas suas variações ao longo do período de 2004 a 2016.

O método Rippl foi utilizado para analisar a distribuição e volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período crítico de estiagem observado.

O modelo matemático expresso na Equação 1 foi utilizado na programação da dinâmica de sistemas, para representar a forma agregada de estoque e fluxo de água captada das chuvas (VIEIRA, 2008):

$$E(t) = \int_{t_0}^t [F_e(t) - F_s(t)] dt + E(t_0) \quad (1)$$

em que

$E(t)$ = Estoque em qualquer tempo t ;

$F_e(t)$ = Taxa de entrada em qualquer tempo t ;

$F_s(t)$ = Taxa de saída em qualquer tempo t ;

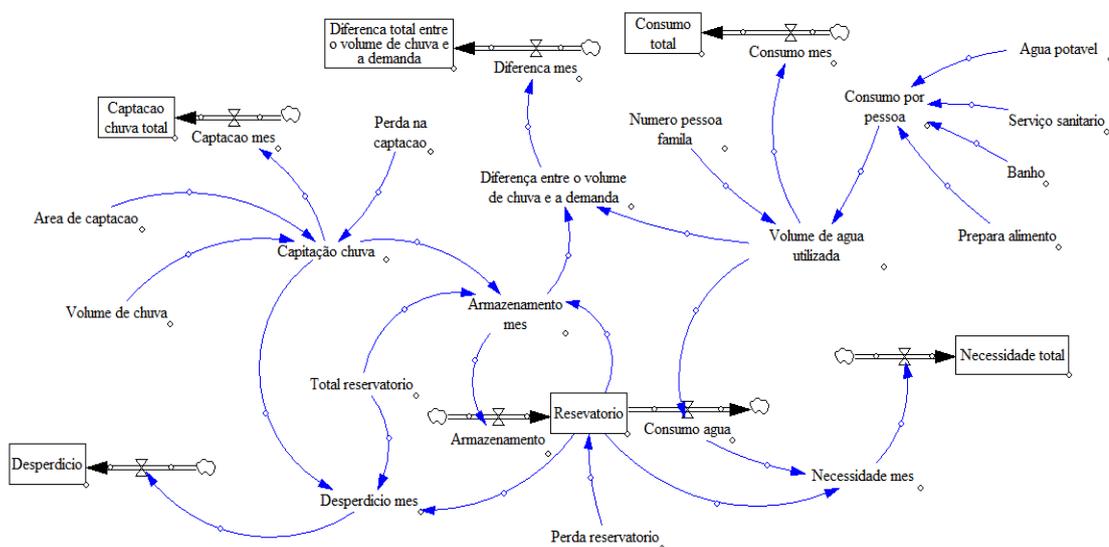
$E(t_0)$ = Estoque inicial, no tempo t_0 .

A taxa líquida de variação de estoque de água é a diferença entre o fluxo de entrada e o fluxo de saída, e nada mais é do que a diferencial da Equação 4:

$$\frac{dE(t)}{dt} = F_e(t) - F_s(t) \quad (2)$$

Foram realizadas três simulações do comportamento do sistema de coleta e armazenamento de água usando o *Vensim PLE 6.3*. Os resultados foram apresentados na forma de gráficos, elaborados a partir da codificação do algoritmo apresentado na Figura 2. Este diagrama expressa as relações entre as variáveis do sistema e suas influências no sistema de captação, armazenamento e consumo de água das chuvas.

Figura 2 – Diagrama de fluxos do sistema de captação, armazenamento e consumo de água das chuvas na região do Alto Vale do Jequitinhonha.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise dos índices pluviométricos na região do vale do Jequitinhonha

Uma série histórica de dados de índices pluviométricos da região do Alto Vale do Jequitinhonha no período de 2004 a 2016 é apresentada na Tabela 1 (INMET, 2017).

Tabela 1 – Série histórica de dados pluviométricos no Alto Vale do Jequitinhonha.

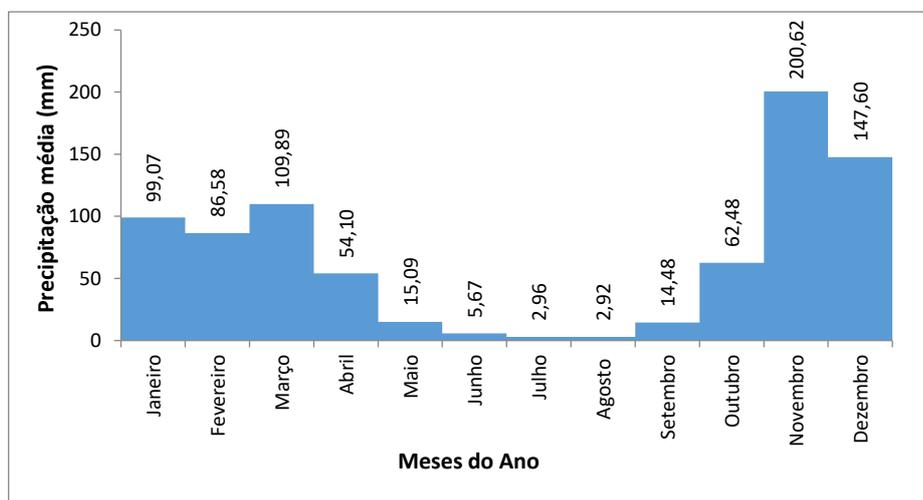
Mês	Anos													Média Mensal (mm)
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Jan	207,8	127	11,7	72,1	79	119,2	28,3	52,6	65,6	164,5	26,3	13,9	319,9	99,07
Fev	261,8	136,7	50	240	62,7	4,8	88,8	28,4	48	62,6	17,9	118,8	5,1	86,58
Mar	332,1	146,8	224,3	11,4	36,3	34,7	247,7	131,2	25,2	101,1	92,5	40,9	4,4	109,89
Abr	45	5,8	93,8	95	76,6	204,3	75	38,6	1	17,2	12,1	38,9	0	54,10
Mai	5,9	12,5	23,1	3,1	0	22,8	16,6	1,5	63,7	15,2	9,5	21,3	1	15,09
Jun	23,3	13,2	4,6	0,4	0,5	0	0,7	0	0	7,9	12,5	2	8,6	5,67
Jul	5,5	3,7	0,9	0,7	0	0	6	3,4	0,8	0	4,8	11,5	1,2	2,96
Ago	0	1	1,2	0,6	0	6,5	0	0,2	1,4	18,4	0,6	3,1	5	2,92
Set	0	19,6	70,9	7,1	22	2,6	0	0	6,2	1,4	0,4	0	58	14,48
Out	141,5	47,8	88,6	0	1	186,5	25,6	95,1	3,3	33,6	67,1	75,4	46,8	62,48
Nov	61,6	213,4	400,3	139,4	351,6	56,9	303	138,3	243,2	225,9	218,3	53	203,2	200,62
Dez	54,5	183,4	162,9	112,9	260,9	79,5	241,5	216,9	54,9	303,5	136,7	78,4	32,8	147,60

TOTAL	1.139	910,9	1.132,3	682,7	890,6	717,8	1.033,2	706,2	513,3	951,3	598,7	457,2	686	801,48
MÉDIA														
MENSAL A	94,92	75,91	94,36	56,89	74,22	59,82	86,10	58,85	42,78	79,28	49,89	38,10	57,17	66,79
CADA ANO														

Fonte: INMET, 2017 (Estação: SALINAS – MG; OMM: 83441)

Observa-se irregularidades mensais na precipitação anual. Ocorre ainda a variação significativa no período chuvoso. Estas variações dificultam o desenvolvimento de programas de gestão de programas sociais para mitigação dos problemas causados pela escassez de água nesta região.

Figura 3 – Variação da precipitação média mensal no Alto Vale do Jequitinhonha no período de 2004 a 2016.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2017.

Um outro agravante da escassez de água na região, refere-se à grande irregularidade do regime de chuvas ao longo dos anos, mês a mês. Estas variações não apresentam um padrão bem definido, que possa ser descrito por um modelo matemático analítico. Portanto, trata-se de evento probabilístico de difícil predição a longo prazo.

Avaliação da capacidade de coleta de água das chuvas para as condições simuladas

A variabilidade na distribuição pluviométrica apresenta-se como desafio desenvolver melhorias no processo de captação e armazenamento da água das chuvas. Foram simulados dois cenários, por meio do método de Rippl para o dimensionamento do reservatório, considerando consumo mensal mínimo de 7,5 m³ água por família/ mês, e dois cenários simulando a variação do número de habitantes e do consumo residencial

Cenário 1

Considerando-se uma área de captação de água do telhado de 60 m², em telha cerâmica, e um reservatório de 16.000 litros de água, inicialmente cheio. Os resultados do dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl para um consumo mensal por família igual a 7,5 m³ de água, para uma área de captação do telhado de 60 m².

Mês	P _m (mm/mês)	D _c (m ³ /mês)	A _c (m ²)	V _p (m ³ /mês)	ΔV = D _c - V _p (m ³ /mês)	ΔV _a (m ³ /mês)	Obs.
Jan	99,07	7,5	60	5,05	2,45	2,45	B
Fev	86,58	7,5	60	4,42	3,08	5,53	B
Mar	109,89	7,5	60	5,60	1,90	7,43	B
Abr	54,10	7,5	60	2,76	4,74	12,17	B
Mai	15,09	7,5	60	0,77	6,73	18,90	B
Jun	5,67	7,5	60	0,29	7,21	26,11	B
Jul	2,96	7,5	60	0,15	7,35	33,46	B
Ago	2,92	7,5	60	0,15	7,35	40,81	B
Set	14,48	7,5	60	0,74	6,76	47,57	B
Out	62,48	7,5	60	3,19	4,31	51,88	B
Nov	200,62	7,5	60	10,23	-2,73	49,15	S
Dez	147,60	7,5	60	7,53	-0,03	49,12	S
TOTAL	801,48	90,0		40,88	49,12		

B: Nível de água baixando; S: Nível de água subindo; P_m: Precipitação média da tabela 4; D_c: Demanda de consumo;

A_c: Área de captação; V_p: Volume precipitado; ΔV: Diferença entre demanda e volume precipitado; ΔV_a: ΔV acumulada.

Fonte: GONÇALVES, 2006.

É possível observar que, na situação atual, o reservatório atenderia plenamente o consumo familiar até o mês de abril e, aproximadamente, meados do mês de maio. Nestas condições, voltaria a atender a demanda em sua plenitude apenas em novembro. Nestas condições, para que haja abastecimento de água durante todo o ano, seria necessário um reservatório de, aproximadamente, 52.000 litros de água.

Cenário 2

Neste cenário foi alterado a área de captação do telhado para 120 m², mantendo-se um reservatório de 16.000 litros de água, inicialmente cheio. O dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl para um consumo mensal por família igual a 7,5 m³ de água, para uma área de captação do telhado de 60m² para 120 m².

Mês	P _m (mm/mês)	D _c (m ³ /mês)	A _c (m ²)	V _p (m ³ /mês)	ΔV = D _c - V _p (m ³ /mês)	ΔV _a (m ³ /mês)	Obs.
Jan	99,07	7,5	120	10,11	-2,61	-2,61	S
Fev	86,58	7,5	120	8,83	-1,33	-3,94	S
Mar	109,89	7,5	120	11,21	-3,71	-7,65	S
Abr	54,10	7,5	120	5,52	1,98	-5,66	B
Mai	15,09	7,5	120	1,54	5,96	0,30	B
Jun	5,67	7,5	120	0,58	6,92	7,22	B
Jul	2,96	7,5	120	0,30	7,20	14,42	B
Ago	2,92	7,5	120	0,30	7,20	21,62	B
Set	14,48	7,5	120	1,48	6,02	27,64	B
Out	62,48	7,5	120	6,37	1,13	28,77	B
Nov	200,62	7,5	120	20,46	-12,96	15,80	S
Dez	147,60	7,5	120	12,55	-5,05	10,76	S
TOTAL	801,48	90,0		79,24	10,76		

B: Nível de água baixando; S: Nível de água subindo; P_m : Precipitação média; D_c : Demanda de consumo;

A_c : Área de captação; V_p : Volume precipitado; ΔV : Diferença entre demanda e volume precipitado; ΔV_a : ΔV acumulada.

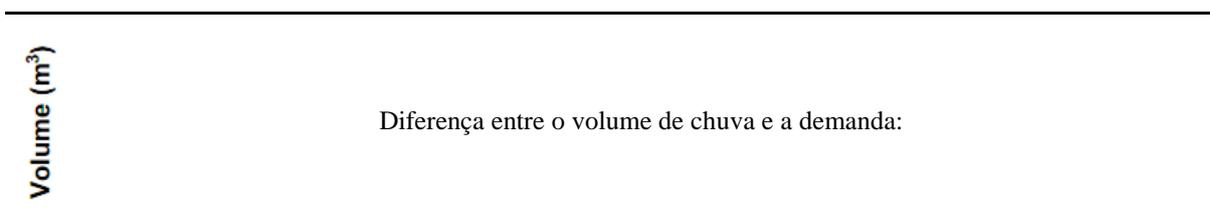
Fonte: GONÇALVES, 2006.

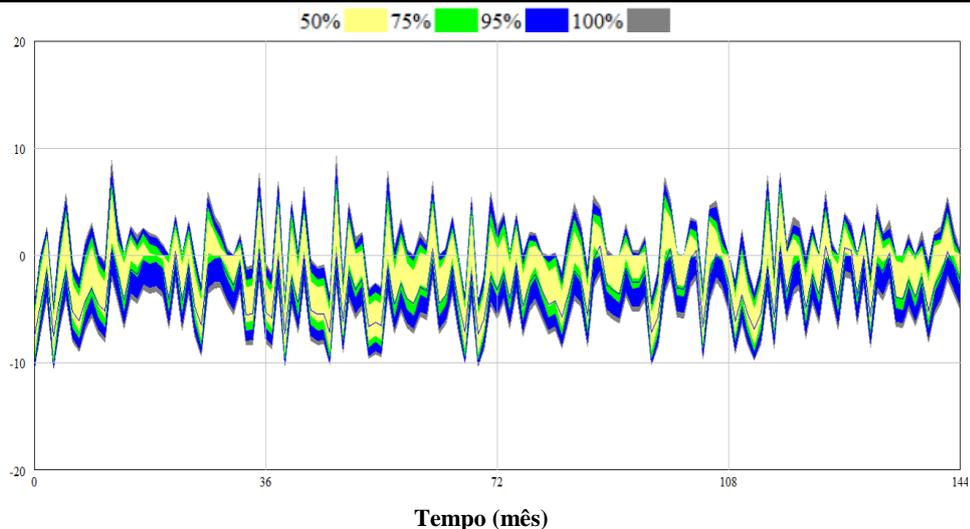
Nestas condições, o reservatório de 16.000 litros teria capacidade de abastecimento de água até seis dias do mês de agosto e somente voltaria a atender plenamente a demanda das famílias no mês de novembro. Observa-se que seria necessário um reservatório de aproximadamente 29.000 litros de água para o atendimento pleno de uma família durante todo o período de estiagem.

Cenário 3

Neste cenário foi analisada a influência da quantidade de pessoas na residência diretamente sobre o nível do reservatório. A variação entre a quantidade de chuva e a demanda, para uma residência com 3 a 7 habitantes, é apresentada a seguir.

Figura 4 – Diferença entre o volume de chuva e a demanda para uma residência com número de consumidores entre 3 a 7 com ampliação da área de captação de água das chuvas de 60 m² para 120 m² no Alto Vale do Jequitinhonha.



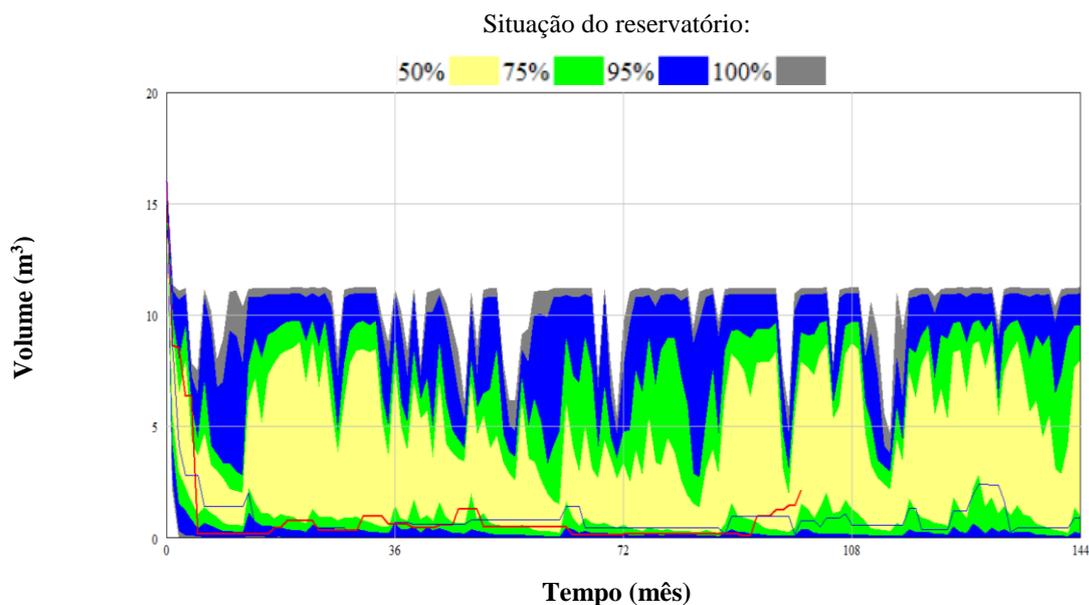


Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2017.

Cenário 4

A variação do nível do reservatório, quando o consumo de água *per capita* aumenta de 20 L/dia para 40 L/dia, é apresentada na figura a seguir. Neste caso, ocorrerá uma redução de forma significativa no nível do reservatório durante o período de seca.

Figura 5 – Situação do nível do reservatório no caso de haver variação no consumo *per capita* de água no Alto Vale do Jequitinhonha.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2017.

Considerações finais e conclusões

Os resultados obtidos permitem vislumbrar uma possível solução para minimizar os problemas de abastecimento de água para consumo residencial, na região do Alto Vale do Jequitinhonha, que consiste no dimensionamento em função de variáveis essenciais e na construção de um sistema de captação de água das chuvas composto por um terreiro concretado, de forma a aumentar a área de captação. Algumas inovações também são possíveis, mas é necessário um estudo criterioso sobre a viabilidade técnica e econômica destas inovações.

Somos sabedores que a quantidade mínima de água *per capita* recomendada pela OMS de 50 L/dia, é pequena para satisfazer às necessidades básicas das pessoas. Na sociedade moderna, é muito difícil sobreviver com esta quantidade de água. Todavia, a disponibilidade desta quantidade de água *per capita* é o sonho de grande parte dos moradores da zona rural do município de Turmalina.

A utilização dos programas *Vensim PLE 6.3* e do *Microsoft Excel*, permitiu analisar, com eficiência, os dados utilizados neste trabalho e obter resultados significativos, que possibilitaram redimensionar, de forma mais adequada, o sistema de captação e armazenamento de água das chuvas para a região semiárida brasileira por meio de simulação de vários cenários.

Como a ocorrência de chuvas concentra-se em um período curto de tempo durante o ano, o volume do reservatório atualmente utilizado não é suficiente para atender a demanda durante todo o período de estiagem. Portanto, propõe-se melhorias na gestão do abastecimento de água das comunidades rurais no município de Turmalina, na região do Alto Vale do Jequitinhonha, por meio do redimensionamento dos sistemas de captação e armazenamento de água das chuvas.

Os resultados deste trabalho mostraram que, para uma área de captação de 120 m², os reservatórios necessitam ser reabastecidos a partir do mês de julho até o mês de outubro, pois no mês de novembro inicia-se o novo período chuvoso. Desta forma, caberia às comunidades rurais, em parceria com o poder público local, buscar outras opções de abastecimento durante quatro meses do ano.

Como possível solução para minimizar os problemas de abastecimento de água para consumo residencial, na região do Alto Vale do Jequitinhonha, recomenda-se a construção de terreiro concretado, denominado de “*cisterna calçada*”, e reservatórios, adequadamente dimensionados em função, principalmente, do número de usuários.

Para mitigação dos efeitos da indisponibilidade de água para o consumo mínimo para sobrevivência das pessoas no meio rural, propõe-se uma readequação do dimensionamento dos sistemas de captação e dos reservatórios de água das chuvas, que devem ter capacidade de armazenamento para 30.000 litros de água. Outra possibilidade é a ampliação da área dos telhados para captação de água das chuvas para, pelo menos, 120 m². Desta forma, para as condições analisadas, a demanda mínima de água recomendada de 7,5 m³ por mês, para uma família de 5 pessoas, seria atendida durante todo o ano.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil / The Evolution of Water Resources Management in Brazil**. Brasília. ANA. 2002.

ASA - ARTICULAÇÃO NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO (Brasil). Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/>>. Acesso em: 09 out. 2016.

BASTOS, F. P. **Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV**. 135 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2007.

BRASIL. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984.htm. Acesso em: 19 agosto 2017.

CUNHA, A. H. N. **O reúso de água no brasil: a importância da reutilização de água no país**. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; 2011 Pág. 1225 à 1248.

DIAS, R. B. **Tecnologia Social e Desenvolvimento Local: Reflexões a partir da análise do Programa**. Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional. Blumenau, n.1(2), p. 173-189, 03 Dezembro 2013.

GLEICK, P. **The Human Right to Water**. In: Water Policy 1(5), p. 487-503, Elsevier Science Ltd., 1999.

GOMES, U. A. et al. **A Captação da Água das Chuvas no Brasil: Novos Aportes a partir de um Olhar Internacional**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos v.19, n.1, p.7-16, 2014.

GONÇALVES, R. F. **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro. ABES. 2006.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Índices Pluviométrico**. Ministério da Agricultura, Agropecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima>. Acesso em: 10 out. 2016.

JARDIM, C. H. A “Crise Hídrica” no Sudeste do Brasil: Aspectos Climáticos e Repercussões Ambientais. Revista Tamoios, ano 11, n.2, p.67-83, jul/dez. 2015.

LIAW, C. H; CHIANG, Y. C. **Framework for Assessing the Rainwater Harvesting Potential of Residential Buildings at a National Level as an Alternative Water Resource for Domestic Water Supply in Taiwan.** Department of Harbor and River Engineering, National Taiwan Ocean University. Water 6. 23 October 2014.

OCANA, E. R. O.; DOMINGUEZ, I.; WARD, S.; SANCHEZ, M. L. R.; PENHA, J. M. Z. **Financial feasibility of end-user designed rainwater harvesting and greywater reuse systems for high water use households.** Developments in Water Management Technologies and Systems. 30 March 2017.

ONU - **Organização das Nações Unidas. O Direito Humano à Água e Saneamento.** Objetivo de Desenvolvimento do Milênio 7. Assembleia Geral das Nações Unidas, 28 de julho de 2010. Resolução A/RES/64/292. 2010. Disponível em: http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf. Acesso: 20 de agosto, 2017.

ONU. **Organização das Nações Unidas. RIO+20 - Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável.** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://noticias.r7.com/rio-de-janeiro/noticias/rio-20-onu-tenta-definir-em-3-dias-temas-discutidos-ha-2-anos-20120613.html>. Acesso: 20 de agosto, 2017.

PALMIERI, L. R. **A necessidade das bacias experimentais para a avaliação da eficiência de técnicas alternativas de captação de água da chuva na região semiárida do Brasil.** In. 3º Simpósio brasileiro de captação de água da chuva no semiárido. João Pessoa, Paraíba. 2001.

PMSS. **Programa de Modernização do Setor Saneamento.** Programa Nacional Combate ao Desperdício de Água - PNCDA, Governo Federal, Ministérios das Cidades, Brasília, DF, 2003. Disponível em: <http://www.pmss.gov.br/>. Acesso: 20 de agosto, 2017.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água das chuvas.** Navegar Editora. São Paulo, SP. 2003.

TSUTITYA, M. **Abastecimento de água.** 2. ed., Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2005.

VIEIRA, W. C. Dinâmica de sistemas aplicada à gestão de recursos hídricos em bacia hidrográfica. Revista de Economia e Agronegócio, v.6, n.3. 2008.