

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA, TRATAMENTOS NECESSÁRIOS E SUAS APLICAÇÕES PARA FINS NÃO POTÁVEIS PARA A CIDADE DE CATALÃO – GO.

Pedro de Almeida Carísio¹; Heber Martins de Paula²

Engenharia Civil - *Campus* Catalão (UFG/CAC)

¹ email: pedrocarisio@yahoo.com.br

² email: heberdepaula@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade, Água de chuva, Aplicações.

1. INTRODUÇÃO

O conceito de país sustentável tem crescido bastante na última década. O Brasil, um dos países com maior índice de biodiversidade, mostra-se atento e interessado neste conceito o qual se torna alvo de confrontos políticos.

As pesquisas no país não param, mas ainda assim, a busca por métodos alternativos ainda não se equipara com a importância em que o assunto deve ser tratado. A motivação para estas estão entre a necessidade, ideais ambientalistas e/ou incentivos econômicos.

Como objeto de estudo deste trabalho, apresentam-se os sistemas de captação de água de chuva, que é um dos métodos alternativos mais procurados, como fonte de obtenção de água para a população. No caso do Brasil pesquisas como as de sistemas de captação de água de chuva têm um caráter de maior necessidade devido à má distribuição de água, principalmente na região nordeste.

Amorim *et al.* (2008), considera esse tipo de sistema como uma das soluções em estudo para aumentar a oferta de água para as edificações, haja visto que esta é uma boa alternativa. Além de diminuir o consumo de água potável, surge assim como uma ação no combate às enchentes, funcionando como uma medida estrutural no sistema de micro-drenagem.

Grandes cidades e regiões metropolitanas brasileiras estão vivendo situações de escassez e degradação dos recursos hídricos, fazendo com que haja a adoção de programas de conservação de água, de acordo com Paula *et al.* (2010).

Revisado pelo Orientador

¹ Orientando: Aluno do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás

² Orientador: Prof. Assistente da Universidade Federal de Goiás

Segundo Paula (2005), o aumento da população e suas indústrias acelera a necessidade da ampliação de sistemas provedores de água. Entretanto, o uso indevido da água e sua escassez em vários pontos do mundo levam a crer que a captação de água de chuva e seu uso, de maneira a substituir água potável, seja uma excelente solução.

Esses sistemas têm por finalidade substituir principalmente a água potável em usos não potáveis e até mesmo em casos extremos, potáveis. Seu uso pode ser em descargas em bacias sanitárias, limpezas de pisos e carros, irrigações etc.

Desse modo, água de chuva captada, necessita ser armazenada e, em alguns casos, por um período bastante significativo. Fatores como o local onde a água é captada e armazenada, tubulações e filtros utilizados, climas e dentre outros, são determinantes na qualidade da água pluvial.

A qualidade da água pluvial deverá ser comparada, para manter sua qualidade, com os limites máximos dos parâmetros qualitativos estabelecidos por órgãos como o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e o Ministério da Saúde, que os caracterizam mediante sua finalidade. Os parâmetros do CONAMA estão dispostos na resolução nº 357/2005, que caracteriza diferentes classes de qualidade da e os do Ministério da Saúde, através da Portaria nº 518 de 25 de março de 2004, que elege os requisitos de potabilidade de água para consumo humano.

Sendo assim, estes sistemas e a qualidade da água armazenada é o assunto de grande importância no qual será estudado neste trabalho, através da execução de um sistema compacto para aproveitamento da água de chuva. Será estudada a qualidade da água armazenada por um período de dois meses e avaliada sua qualidade por parâmetros físico-químicos.

2. OBJETIVOS

Para este trabalho, tem-se como objetivo geral construir um estudo sobre a qualidade da água armazenada por sistemas de captação de água de chuva.

Como objetivos específicos:

- montar um sistema de captação e de reservação de água de chuva e
- avaliar a variação na qualidade da água captada a partir de telhados de fibrocimento.
- Analisar a viabilidade de aplicação, como fontes de alternativa, caracterizando a água conforme as resoluções pertinentes.

3. METODOLOGIA

3.1 Dimensionamento do Sistema de Reservação

Para o dimensionamento do sistema de reservação, foi realizado um levantamento histórico das precipitações pluviométricas. Desta forma, foi possível conhecer o regime pluviométrico local, ou seja, os valores médios das precipitações mensais e diárias, neste caso, ao longo de 10 anos, obtendo-se assim, os intervalos de maior estiagem. Com a finalidade de se obter o volume total a ser reservado, aplicou-se o método de Rippl, que correlaciona a demanda de água, com o período de escassez em questão.

O método determina como sendo o volume do reservatório a maior diferença acumulada, ou seja, quando o volume de água necessário para o uso do sistema é bem maior do que o volume que terá disponível.

3.2 Montagem do Sistema de Captação e Reservação de Água de Chuva

Para a montagem do sistema, utilizou-se um espaço dentro do *Campus* Catalão da UFG, cedido pela prefeitura do *Campus*. O sistema de captação de água de chuva constava de um telhado de fibrocimento com uma área de captação de 30 m², no qual escoava a água por uma calha de 6 m de comprimento conduzindo assim para a tubulação ligada ao sistema de reservação.

O sistema de reservação foi constituído de dois reservatórios em polipropileno, sendo que um deles com capacidade de 1000 L e o outro de 500 L, interligados entre si.

Cabe destacar, que no condutor vertical foi instalado um filtro de partículas grosseiras, Figura 1, e um volume de descarte. O descarte foi feito através da própria tubulação, com um volume para avaliação de 5,0 L. O filtro adotado partiu de um modelo sugerido pela Sociedade do Sol (2009).



Figura 1 - Filtro de Água de Chuva de Baixo Custo
Fonte: Sociedade do Sol (www.sociedadedosol.org.br)

O filtro teve um processo de fabricação simples, sendo construído de maneira artesanal. O Manual de Instrução de Manufatura e Instalação experimental do Filtro de Água de Chuva de Baixo Custo tem como intuito, a instrução para sua fabricação.

3.3 Análise da Qualidade da Água de Chuva

Para a avaliação da qualidade da água, utilizou-se um kit de campo, Figura 2, o qual era responsável pela determinação da concentração de parâmetros físicos e químicos presentes na água. Os parâmetros avaliados foram: alcalinidade, amônia, cloretos, cor, dureza total, ferro, turbidez, oxigênio consumido e pH da água, captada e armazenada. A avaliação contou com sete amostragens da água armazenada.



Figura 2 - Kit de campo

Fonte: Alfakit (<http://www.alfakit.com.br/>)

4. RESULTADOS

Nesta etapa estão apresentadas as características físicas do sistema de aproveitamento de água de chuva montado no *Campus* Catalão da Universidade Federal de Goiás (UFG), bem como as etapas de dimensionamento, aspectos construtivos e os resultados dos ensaios de qualidade da água armazenada.

4.1 Levantamento das precipitações para a cidade de Catalão

De acordo com os dados meteorológicos para a cidade de Catalão, no período de 2000 a 2009, a precipitação média anual é de 1447,1 mm. Através da Figura 3 pode-se verificar as variações das precipitações ao longo desses 10 anos.

[Digite texto]

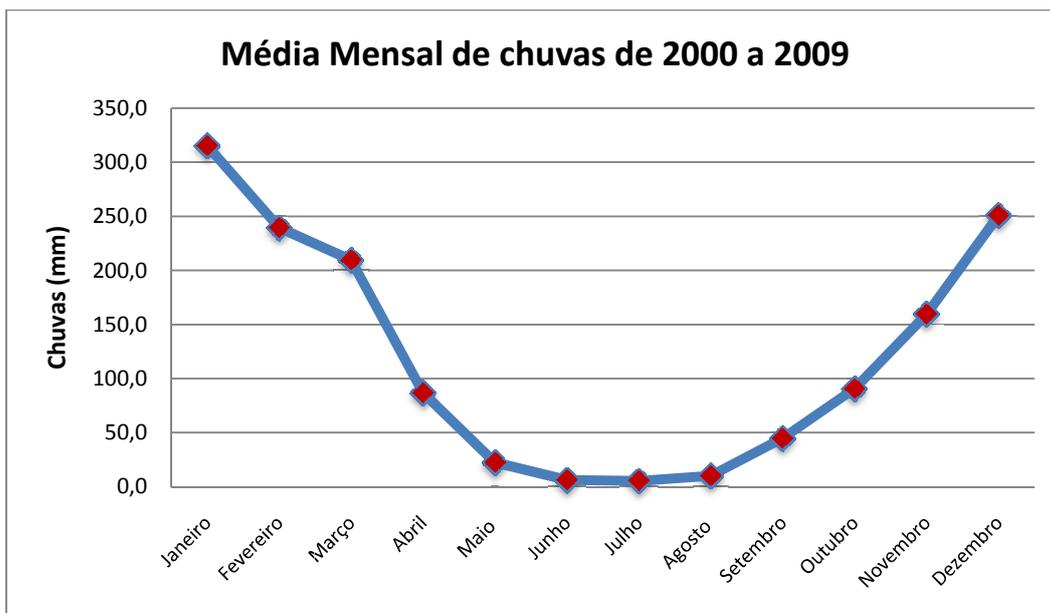


Figura 3 – Média mensal de precipitações acumuladas em Catalão entre 2000 e 2009

Percebe-se o comportamento pluviométrico da cidade de Catalão – GO. Torna-se claro, mediante a análise gráfica, que no período compreendido no final de Abril a meados de Setembro, um período crítico de estiagem.

4.2 Determinação do volume de reservação

Para a determinação dos valores das precipitações médias mensais foram adotados 10 anos de precipitações, ou seja, de 2000 a 2009. Com o intuito de determinar o volume de reservação, através do método de Rippl, há a necessidade de se obter mediante a uma demanda que, neste caso, foi considerada a demanda constante, de $1,50\text{m}^3/\text{mês}$. Pode-se ver na Tabela 1, logo abaixo, que o volume teórico do reservatório seria de $5,5\text{ m}^3$ para o período de estiagem. Para o dimensionamento do reservatório seguiu-se a mesma sistemática apresentada na metodologia.

Tabela 1 – Método de Rippl aplicado ao sistema de captação de água de chuva em Catalão – GO.

Método de Rippl							
Meses	Médias Mensais	Demanda (m ³)	Área captada (m ²)	Coef. Escoa.	Volume aproveitável (m ³)	Vol. água no reservatório (m ³)	Diferença acumulada (m ³)
Janeiro	315,3	1,5	30	0,75	7,09425	5,59425	
Fevereiro	239,5	1,5	30	0,75	5,38875	3,88875	
Março	209,6	1,5	30	0,75	4,716	3,216	
Abril	86,8	1,5	30	0,75	1,953	0,453	
Mai	22,4	1,5	30	0,75	0,504	-0,996	-0,996
Junho	6,3	1,5	30	0,75	0,14175	-1,35825	-2,35425
Julho	5,5	1,5	30	0,75	0,12375	-1,37625	-3,7305
Agosto	10,7	1,5	30	0,75	0,24075	-1,25925	-4,98975
Setembro	44,9	1,5	30	0,75	1,01025	-0,48975	-5,4795
Outubro	90,6	1,5	30	0,75	2,0385	0,5385	-4,941
Novembro	159,5	1,5	30	0,75	3,58875	2,08875	
Dezembro	256	1,5	30	0,75	5,76	4,26	
Total	1447,1	18	360	Soma.	32,55975	14,55975	
						Volume do Reservatório(m³):	5,4795

4.3 Aspectos Construtivos

A montagem do sistema foi de simples execução, apenas fazendo a conexão entre a área de captação por meio de tubos e conexões, até aos reservatórios.

O sistema pode ser dividido em três partes principais: a captação, tratamento (filtro) e a armazenagem. A primeira foi realizada somente com a área de cobertura de 30 m², em telhas de fibrocimento. Em seguida, o sistema coleta a água de chuva por calhas e a conduz até dois reservatórios, um de 1000 L e outro de 500 L, ambos em polipropileno. A Figura 4 mostra uma vista geral do sistema de aproveitamento de águas pluviais construído.

Após a captação é direcionada ao filtro de partículas grosseiras, Figura 5, que faz um simples tratamento antes de conduzir a água para o descarte. Preenchendo todo o volume do Descarte, o escoamento passa a ser conduzido para o reservatório R1.

O sistema de reservação constitui-se de dois Reservatórios de polipropileno, um de 1000 L e outro de 500 L (Figura 4). O reservatório de 500 L posicionado a próximo a este ilustrado acima, foi interligado por tubulações ocupou-se da água captada após o de 1000 L ser cheio.



Figura 4 – Montagem do sistema de aproveitamento de águas pluviais com suas etapas



Figura 5 - Filtro de partículas grosseiras

4.4 Análise da Qualidade da Água de Chuva

Nesta etapa da pesquisa foram realizadas análises químicas e físicas da água de chuva armazenada, comparando com os padrões de potabilidade exigidos pela resolução CONAMA nº 357 pelo Ministério da Saúde na Portaria nº 518. A primeira considera a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade avaliadas por parâmetros e indicadores específicos, de modo assegurar seus usos preponderantes. A segunda norma referenciada dispõe sobre procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano, estabelece seu padrão de potabilidade e dá outras providências.

[Digite texto]

A Tabela 3 contempla uma adaptação com os valores de referência das resoluções acima citadas e que foram estudados nesta pesquisa.

Tabela 3 - Valores máximos dos parâmetros, estabelecidos pelo CONAMA e Ministério da Saúde
Fonte: Adaptado do CONAMA n. 357 (Classe 1) e Ministério da Saúde n. 518

Parâmetros	CONAMA N. 537 Classe 1	Ministério da Saúde N. 518
Alcalinidade (mgL^{-1} CaCO_3)	--	--
Amônia (mgL^{-1} NH_3)	2,0	1,5
Cloretos (mgL^{-1} Cl^-)	250	250
Cor (mgL^{-1} Pt/Co)	Ausente	15
Dureza Total (mgL^{-1} CaCO_3)		500
Ferro (mgL^{-1} Fe)	0,3	0,3
Turbidez (NTU)	40	40
Oxigênio Consumido (mgL^{-1} O_2)	3,0	3,0
pH (un. pH)	6,0 - 9,0	6 - 9,5

A Tabela 3 será utilizada apenas para a comparação com as análises obtidas na pesquisa. Estes valores do CONAMA são da classificação para água de classe 1, indicadas para o consumo humano, apenas com um simples tratamento.

As análises foram feitas por um período de três meses, compreendido entre o final de Novembro e final de Janeiro. As Tabelas 4 e 5 mostram os resultados encontrados, após as análises, para o descarte e os dois reservatórios estudados.

Tabela 4 - Valores encontrados mediante as análises realizadas durante o período de 26/11/2010 a 22/12/2010

Análises	26/11/2010			03/12/2010			15/12/2010			22/12/2010		
	Desc	R1	R2									
Alcalinidade (mgL^{-1} CaCO_3)	40	20	20	40	20	20	30	20	20	30	20	20
Amônia (mgL^{-1} NH_3)	0,3	0,3	0,3	0,5	0,1	0,1	0	0,1	0,05	0,1	0,15	0,15
Cloretos (mgL^{-1} Cl^-)	20	20	20	20	20	20	10	10	10	20	20	20
Cor (mgL^{-1} Pt/Co)	5	3	3	5	3	3	3	3	3	5	3	3
Dureza Total (mgL^{-1} CaCO_3)	50	20	20	50	20	20	40	20	30	40	20	30
Ferro (mgL^{-1} Fe)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Turbidez (NTU)	< 50	<50	<50	< 50	<50	<50	50	<50	<50	50 < 100	<50	<50
Oxigênio Consumido (mgL^{-1} O_2)	*	1,0	1,0	*	1,0	1,0	*	1,0	1,0	*	3,0	1,0
pH (un. pH)	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,5	6,8	7,0	7,0	6,8	7,2

* - Por meio do kit utilizado, não apresentou valores Tabelados.

Comparando-se as Tabelas 3 e 4, observa-se que todos os valores para os reservatórios, sem exceção, obedecem aos valores máximos tanto da Resolução do CONAMA e da Portaria do Ministério da Saúde. Já para o descarte, os valores de turbidez, ficam acima do limite nas análises dos dias 15/12/2010 e 22/12/2010.

Tabela 5 - Valores encontrados mediante as análises realizadas durante o período de 03/01/2011 a 21/01/2011

Análises	03/01/2011			12/01/2011			21/01/2011		
	Desc.	R1	R2	Desc.	R1	R2	Desc.	R1	R2
Alcalinidade ($\text{mgL}^{-1} \text{CaCO}_3$)	30	20	20	30	20	20	30	20	20
Amônia ($\text{mgL}^{-1} \text{NH}_3$)	0,1	0,25	0,25	0,1	0,25	0,25	0,1	0,25	0,1
Cloretos ($\text{mgL}^{-1} \text{Cl}^-$)	10	20	10	10	20	20	10	10	20
Cor ($\text{mgL}^{-1} \text{Pt/Co}$)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Dureza Total ($\text{mgL}^{-1} \text{CaCO}_3$)	40	20	30	30	30	30	50	30	20
Ferro ($\text{mgL}^{-1} \text{Fe}$)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Turbidez (UNT)	50	<50	<50	50	<50	<50	50	<50	<50
Oxigênio Consumido ($\text{mgL}^{-1} \text{O}_2$)	*	0	0	*	0	0	*	*	*
pH (un. pH)	6,5	5,5	5	6	5,5	5	6	5,5	5

* - Por meio do kit utilizado, não apresentou valores Tabelados.

Tomando agora, por base, a Tabela 5 e comparando-a com a Tabela 3, percebe-se que os valores de pH para os reservatórios 1 e 2, no período vigente a estas análises, variou abaixo dos valores estabelecidos nas Resolução do CONAMA e da Portaria do Ministério da Saúde.

De acordo com Figueiredo *apud* Jaques (2005) a água de chuva é naturalmente ácida. O que pode ser provado pelas análises feitas durante o período de 03/01/2011 a 21/01/2011, tanto a chuva ter o seu teor ácido, quanto à mudança na qualidade da água devido a um armazenamento por um determinado período de tempo. No caso desta pesquisa, ocorreu uma mudança após a quarta coleta, com por volta de um mês de armazenamento.

As Figuras de 6 a 14 são gráficos comparativos das análises realizadas. Elas apresentam os valores máximos obtidos para cada parâmetro em cada recipiente de armazenamento, comparados com os valores permitidos pela resolução nº357 do CONAMA e da Portaria nº518 do Ministério da Saúde.

Os órgãos competentes pela padronização dos parâmetros qualitativos da água, não estabelecem valores máximos e/ou mínimos para a alcalinidade. Analisando, porém a Figura 6, percebe-se a grande distinção entre os valores apresentados pelos Reservatórios 1 e 2, comparados ao da concentração presente no Descarte.

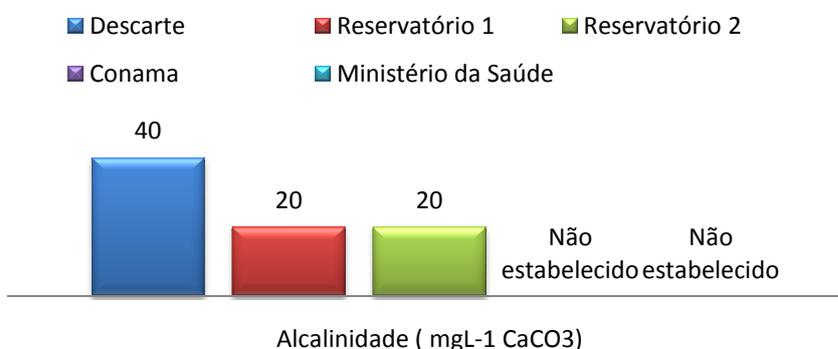


Figura 6 – Gráfico comparativo dos valores máximos de concentração de alcalinidade, para a água pluvial captada.

Os valores estabelecidos pelo CONAMA e o Ministério da Saúde, se diferem para a concentração de amônia, como pode ser visto na Figura 7. Entretanto, não interfere para a água pluvial analisada, pois nos três recipientes os valores permaneceram bem abaixo do limite máximo.

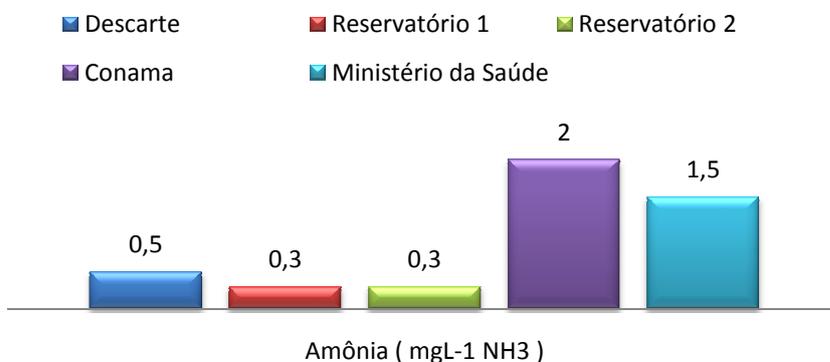


Figura 7 – Gráfico comparativo dos valores máximos de concentração de Amônia, para a água pluvial captada.

De acordo com a Figura 8, as concentrações máximas de cloretos analisadas para o Descarte e os Reservatórios 1 e 2, permaneceram mínimas em relação os limites propostos.

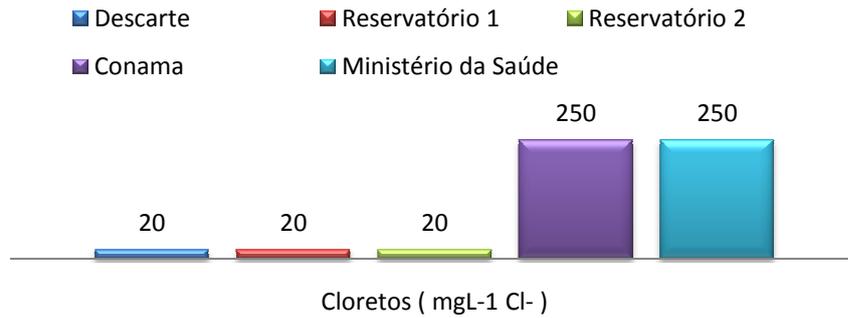


Figura 8 – Gráfico comparativo dos valores máximos de concentração de Cloretos, para a água pluvial captada.

A resolução nº 357 do CONAMA estabelece como o valor máximo para a coloração, como sendo o nível de cor natural do corpo de água. Já a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, estabelece o valor de 15 mgL⁻¹ Pt/Co. Desse modo, os valores apresentados pela Figura 9 estão dentro do permitido.

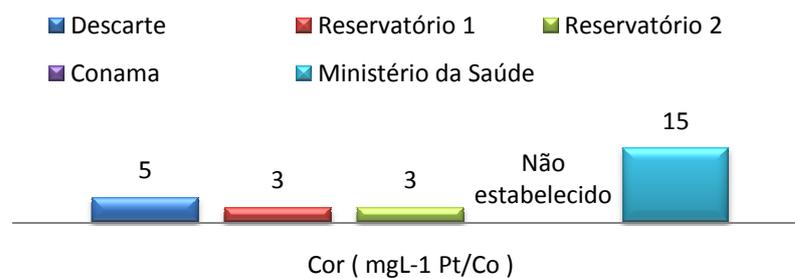


Figura 9 – Gráfico comparativo dos valores máximos de intensidade de Cor, para a água pluvial captada.

Não se conseguiu obter na resolução nº 357 do CONAMA valores para a concentração de Dureza Total. Sendo assim, tem-se que levar em conta apenas o valor estabelecido pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde. A Figura 10 ilustra que, a concentração de Dureza Total se manteve abaixo do limite. Os valores para os Reservatórios 1 e 2, foram menores que o do Descarte.

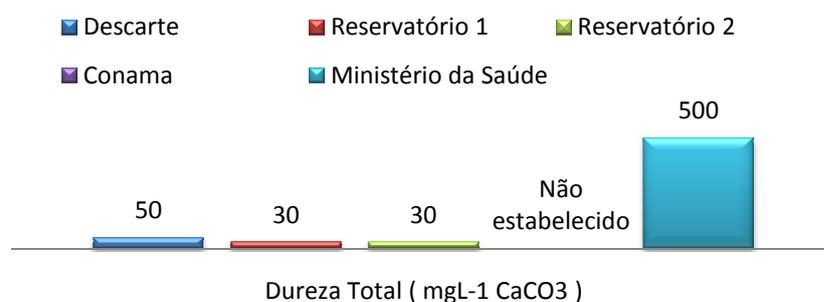


Figura 10 – Gráfico comparativo dos valores máximos de concentração de Dureza Total, para a água pluvial captada.

A concentração de ferro, como mostrada acima na Figura 11, se manteve um pouco próxima do valor limite, sendo que foi o mesmo valor para os três recipientes de armazenamento.

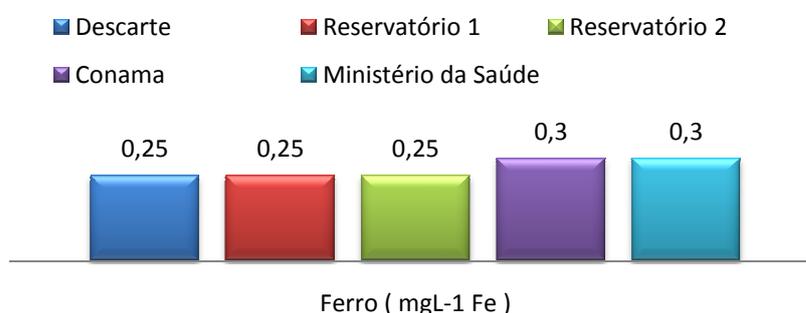


Figura 11 – Gráfico comparativo dos valores máximos de concentração de Ferro, para a água pluvial captada.

Os valores de turbidez foram plotados de acordo com os valores que o kit apresentava. O kit não estabelecia os valores de maneira precisa, devido a essa precisão, os valores da Figura 12, foram mostrados de um modo diferente. Os valores de turbidez para os Reservatórios 1 e 2 são bem menores que 50, porém perante o kit utilizado, não consegue-se obter um valor pontual, como acontece no Descarte, porém ficou acima do limite estabelecido.

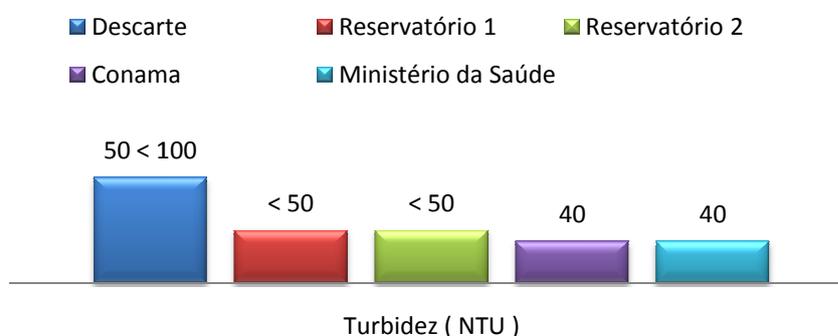


Figura 12 – Gráfico comparativo dos valores máximos para Turbidez, para a água pluvial captada.

Tem-se como valor máximo para o oxigênio consumido, como 3,0 para os dois órgãos responsáveis. Como é visto na Figura 13, o valor do Reservatório 1 chegou ao seu limite, porém não ultrapassando-o. Já o Reservatório 2 manteve-se com um valor satisfatório. Para o Descarte não se conseguiu obter valores dentro dos estabelecidos pelo kit, a coloração após a dissolução dos reagentes (meio pelo qual eram obtidas as concentrações), não estava no intervalo de leitura.



Figura 13 – Gráfico comparativo dos valores máximos de concentração de Oxigênio Consumido, para a água pluvial captada.

O pH foi o único parâmetro que obteve a variação fora dos limites para os Reservatórios 1 e 2. Observa-se na Figura 14, que os valores de pH para os Reservatórios 1 e 2 foram, respectivamente, 5,5 e 5,0. O Descarte, não variou acima e/ou abaixo do limite.

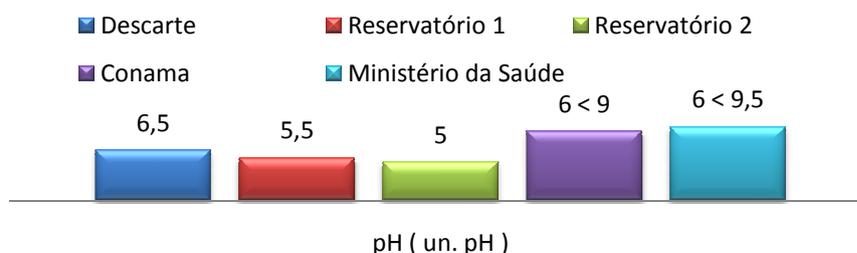


Figura 14 – Gráfico comparativo dos valores máximos de concentração de pH, para a água pluvial captada.

5. CONCLUSÃO

Mediante as análises feitas no período de 26/11/2010 a 21/01/2011, pode-se perceber a pequena variação na qualidade da água captada e armazenada neste tipo de sistema. Para o valor de turbidez, de acordo com a escala do kit, não se pode obter um valor consistente, porém percebe-se que o valor não foge aos referenciados pelos órgãos responsáveis pela padronização da qualidade.

A única alteração encontrada nos valores dos parâmetros ocorreu com o pH nos Reservatórios 1 e 2 estando ácidos e chegando a um valor próximo de 17% menor do que o mínimo permitido por ambos os órgãos regulamentadores.

Tendo em vista esta variação, faz-se necessário a correção do mesmo, seja para qualquer tipo de uso. O caráter ácido da água coloca em risco a saúde da população e dos demais seres vivos. A utilização de produtos como cal hidratada, aumenta o pH da

água tornando-o próximo ao neutro, ou até mesmo básico, entretanto deve ser lembrado que este deve estar dentro dos limites permitidos pelos órgãos.

Levando em consideração as correções feitas, esta água poderá ser utilizada como fonte de substituição de água potável para fins não potáveis como: lavagem de pisos, carros, descargas de bacias sanitárias (com bastante atenção na concentração de ferro, pois este metal pode causar manchas nas bacias), irrigação etc. Segundo a resolução CONAMA e considerando os parâmetros analisados, a água de chuva, para sistemas executados de acordo com a pesquisa, poderá ser designada para o consumo humano apenas com uma simples desinfecção e cloração.

Como foi mostrado anteriormente, o sistema é de simples execução, porém deve ser dimensionado para a finalidade desejada, a partir da qual deverá ser avaliada a sua viabilização econômica. Contudo, mediante a grande importância no seu âmbito ambiental esta se torna de grande valia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. (2008). **Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Água Pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66. 2008. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA nº357**. Brasil, 17 de março de 2005.

JAQUES, R. C. (2005). **Qualidade da Água de Chuva no Município de Florianópolis e Sua Potencialidade Para Aproveitamento em Edificações**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC, Florianópolis, 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº518**. Brasil, 25 de março de 2004. 15p.

PAULA, H. M. de (2005). **Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva na Cidade de Goiânia: Avaliação da Qualidade da Água em Função do Tempo de Detenção no Reservatório**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de Goiânia – EEG/UFG, Goiânia, 2005.

PAULA, H.M.; PAIVA, E.C.R.; JUSTINO, E.A; PEREIRA, C.E. (2010). **Simulação de volume para o dimensionamento de reservatório de aproveitamento de água de chuva nas capitais da região Centro-Oeste do Brasil** in Anais do X Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Maceió, Mar. 2010.

SOCIEDADE DO SOL – O Manual de Instrução de Manufatura e Instalação experimental do Filtro de Água de Chuva de Baixo Custo Auto Limpante. Manual do usuário, 2009.