

IV-038 - AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS DE POÇOS DE CALDAS (MG): POTENCIAL PARA USO NÃO POTÁVEL

Maira Tomaz de Carvalho⁽¹⁾

Aluno de Graduação do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Alfenas, Campus Avançado de Poços de Caldas

Karl Wagner Acerbi

Aluno de Graduação do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Alfenas, Campus Avançado de Poços de Caldas.

Diego de Souza Sardinha

Engenheiro Ambiental, Professor Adjunto da Universidade Federal de Alfenas, Campus Avançado de Poços de Caldas

Antonio Donizetti Gonçalves de Souza

Biólogo, Professor Adjunto da Universidade Federal de Alfenas, Campus Avançado de Poços de Caldas

Alexandre Silveira

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor Adjunto da Universidade Federal de Alfenas, Campus Avançado de Poços de Caldas

Endereço⁽¹⁾: Rodovia José Aurélio Vilela, nº 11.999. Cidade Universitária Poços de Caldas/MG - CEP: 37715-400. mairinhacarvalho@gmail.com

RESUMO

A utilização de água de chuva para fins não potáveis apresenta vantagens significativas, sejam financeiras, sociais ou ambientais. Além de contribuir para o uso racional da água, alocando água com qualidade compatível com seu uso, pode contribuir para a diminuição dos volumes de chuva escoados superficialmente.

A bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas está localizada em uma importante região do Sul do Estado de Minas Gerais que tem sua economia baseada no turismo e nas indústrias, em especial as mineradoras, devendo ser gerenciada de acordo com a Lei Federal 9433/1997. Este trabalho tem como objetivos principais, determinar a precipitação média da Bacia do Ribeirão das Antas localizada no sul do Estado de Minas Gerais e avaliar preliminarmente a qualidade da água de chuva coletada sem sofrer interceptação para futura utilização em sistemas de aproveitamento de água de chuva. As precipitações médias de 1649 mm e 1662 mm, calculados respectivamente pela média aritmética e pelo método de Thiessen, apresentaram valores bastante próximos entre si, validando, assim, ambos os valores. As análises qualitativas, das variáveis analisadas, indicam que a água de chuva poderá ser utilizada para os fins não potáveis previstos desde que ocorra um tratamento para remoção de turbidez.

PALAVRAS-CHAVE: Uso racional da água, gestão de recursos hídricos, aproveitamento de água da chuva.

INTRODUÇÃO

A utilização de água de chuva para fins não potáveis apresenta vantagens significativas, sejam financeiras, sociais ou ambientais. Além de contribuir para o uso racional da água, alocando água com qualidade compatível com seu uso, pode contribuir para a diminuição dos volumes de chuva escoados superficialmente.

O dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações, para uso não potável, necessita de informações pluviométricas entre as quais está a precipitação média da bacia hidrográfica. Características qualitativas também são necessárias nos projetos de aproveitamento de água de chuva para dimensionar o sistema de tratamento para atendimento da NBR 15527.

Deste modo este trabalho tem como objetivos principais, determinar a precipitação média da Bacia do Ribeirão das Antas localizada no sul do Estado de Minas Gerais e avaliar preliminarmente a qualidade da água de chuva coletada sem sofrer interceptação para futura utilização em sistemas de aproveitamento de água de chuva.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho é bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas onde se localiza o *Campus Avançado* de Poços de Caldas da Universidade Federal de Alfenas. Nesta região ocorre o clima mesotérmico, com invernos secos, com temperatura até 6° negativos, e verões brandos.

Apresenta temperatura média de 15° C e índice pluviométrico de 315 mm no período de estiagem, e de 21° C e 1430 mm na época chuvosa; resultando em médias anuais de 17° C e 1745mm, com umidade relativa de 79% .

A vegetação encontrada é de pouca densidade, tanto a floresta tropical, quanto a de campo. São constituídos basicamente de arbustos e gramíneas rústicas ou vegetação arbustiva e herbácea entre pinheiros e algumas espécies típicas da mata atlântica. A presença de pinheiros ocorre devido a grande altitude que está localizada, 1186m.

O planalto no qual está situada é composto por montanhas, campos ondulados e vales, chegando a altitudes de 1686m de altitude. O solo tem características geológicas variadas, desde material argiloso e rochas alcalinas a grandes reservas de minérios de ferro, minérios não ferrosos e radiativos. Toda a região é rodeada por serras (Poços de Caldas, 2012). A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo.

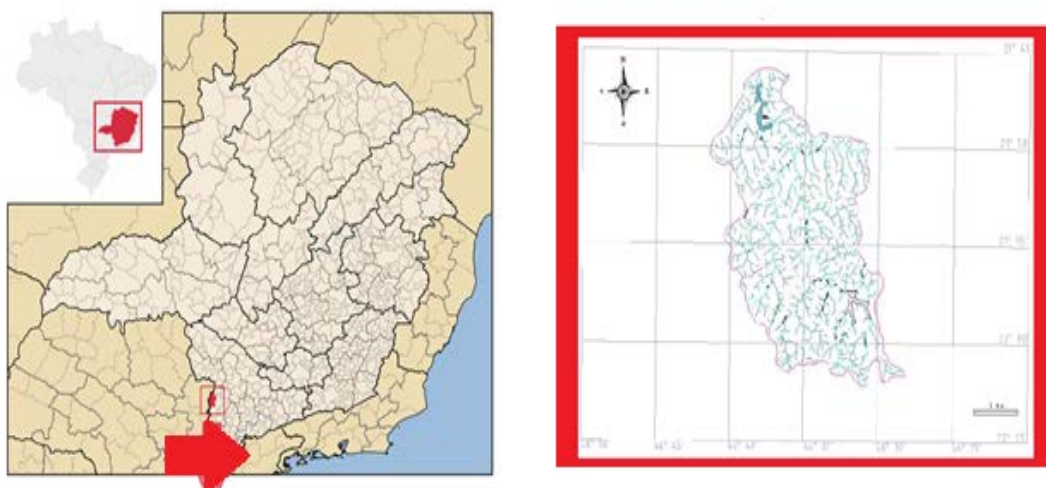


Figura 1: Localização da Bacia do Ribeirão das Antas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Com base em um mapa da região do Planalto de Poços de Caldas na escala de 1:50000, delimitou-se a bacia do Ribeirão das Antas utilizando o *programa computacional livre* QCAD. Feito isso, mediu-se o comprimento do talvegue do rio principal e da rede fluvial, o comprimento axial, a área e o perímetro da bacia para, então, calcular as características fisiográficas da bacia, quais sejam, o fator de forma, o coeficiente de compacidade e a densidade de drenagem.

A precipitação média na bacia foi calculada com base nos dados pluviométricos e de localização geográfica obtidos após uma consulta ao banco de dados de postos cadastrados no sistema *Hidroweb* da Agência Nacional de Águas (ANA). Com a localização de cada posto foi possível inserir os pontos no mapa da Bacia do Ribeirão das Antas que representassem suas localizações. Essas estações passaram por um processo de seleção seguindo critérios de proximidade em relação à bacia e de extensão da série de dados de precipitação.

Após a seleção, cinco dos postos foram considerados para o tratamento dos dados. Então, empregaram-se os métodos da média aritmética e dos polígonos de Thiessen para calcular a precipitação média anual e mensal na bacia. Os polígonos, nesse último método, foram traçados e a área de cada um desses foi calculada. Foi calculada a precipitação média mensal em cada posto e na bacia, pelo método da média aritmética e elaborado um gráfico para determinar o período seco e chuvoso considerando os meses que possuem precipitação abaixo e acima da média, respectivamente.

Para a análise da qualidade da água de chuva no *campus* avançado da Universidade Federal de Alfenas em Poços de Caldas utilizou-se um sistema composto de uma bacia plástica de 47 cm de diâmetro, mangueiras de ½”, conexões e dois reservatórios. O sistema coleta a água de chuva na bacia e direciona os 3,5mm iniciais da chuva para um reservatório. Após esta coleta a entrada deste reservatório é fechada com auxílio de uma chave-bóia e o fluxo de água é direcionado para um segundo reservatório. O sistema de coleta, aberto à atmosfera, era limpo diariamente com água destilada. Deste modo, para cada coleta haviam duas amostras, uma referente aos 3,5mm iniciais de chuva, chamada de chuva inicial, e outra amostra do restante da chuva. O sistema foi montado longe de interferências, como construções, árvores e postes.

Os reservatórios para coleta foram montados em diferentes níveis evitando a mistura das águas. A Figura 2 ilustra o sistema de coleta.



Figura 2: Sistema de coleta de água de chuva

Para cada coleta foram realizadas as análises variáveis: turbidez, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica elétrica utilizando sonda multiparamétrica. Os resultados obtidos, para pH e turbidez foram comparados com os valores recomendados pela Norma Brasileira NBR – 15527 – Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Enfim, é investigada a relação, para cada variável, entre a chuva inicial e final. As coletas foram realizadas no período de outubro de 2011 e fevereiro de 2012.

RESULTADOS - PRECIPITAÇÃO MÉDIA

Seguindo a metodologia descrita anteriormente foram obtidas as características fisiográficas da bacia do Ribeirão das Antas, apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Fisiografia da bacia do Ribeirão das Antas.

Comprimento do talvegue do rio principal	55,45 km
Comprimento da rede fluvial	577,5 km
Comprimento axial da bacia	32,04 km
Área da bacia	366,30 km ²
Perímetro da bacia	103,51 km
Fator de forma	0,36
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,51
Densidade de drenagem	1,58 km/km ²

Os resultados do fator de forma e do coeficiente de compacidade, 0,36 e 1,51, respectivamente, apontam para uma bacia de formato mais alongado e, portanto, menos sujeita a enchentes. Além disso, segundo a classificação de VILELLA & MATTOS (1975) essa bacia pode ser considerada como uma bacia com pouca drenagem devido ao seu valor de 1,58 km/km², pois o índice em questão varia entre 0,5 km/km² para densidade de drenagem pobre e 3,5 km/km² para bacias consideradas bem drenadas.

Os postos considerados adequados para o cálculo da precipitação média estão os apresentados na Tabela 2 que apresenta também o código das estações, segundo o banco de dados Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA), disponível em www.ana.gov.br, a localização geográfica e a extensão dos dados.

Tabela 2 – Localização e extensão da série de dados dos postos pluviométricos utilizados.

Posto pluviométrico	Código da estação	Latitude	Longitude	Extensão dos dados (anos)
Andradas	2246051	22°04'00"S	46°34'00"W	20
Frutícola Industrial	2146024	21° 56'00"S	46°23'00"W	14
Poços de Caldas	2146048	21°47'00"S	46°33'00"W	36
São João da Boa Vista	2146013	21°59'05"S	46°47'43"W	43
São Roque da Fartura	2146017	21°50'00"S	46°45'00"W	29

Observando as coordenadas de cada posto pluviométrico selecionado e suas localizações na Figura 2, nota-se que estes foram escolhidos de forma a estarem espacial e uniformemente distribuídos em torno da bacia, proporcionando uma precisão melhor na estimativa da precipitação média na bacia. A Tabela 3 apresenta os valores de precipitação média anual em cada posto pluviométrico, bem como suas áreas de influência sobre a bacia, segundo os polígonos de Thiessen que foram traçados. Estes, juntamente com a localização dos postos pluviométricos e do campus da UNIFAL em Poços de Caldas, estão representados na Figura 3.

Tabela 3 - Dados dos postos pluviométricos.

Posto pluviométrico	Precipitação média anual (mm)	Área de influência sobre a bacia (km ²)
Andradas	1676	122,7
Frutícola Industrial	1639	20
Poços de Caldas	1618	189,7
São João da Boa Vista	1438	0,6
São Roque da Fartura	1877	33,4

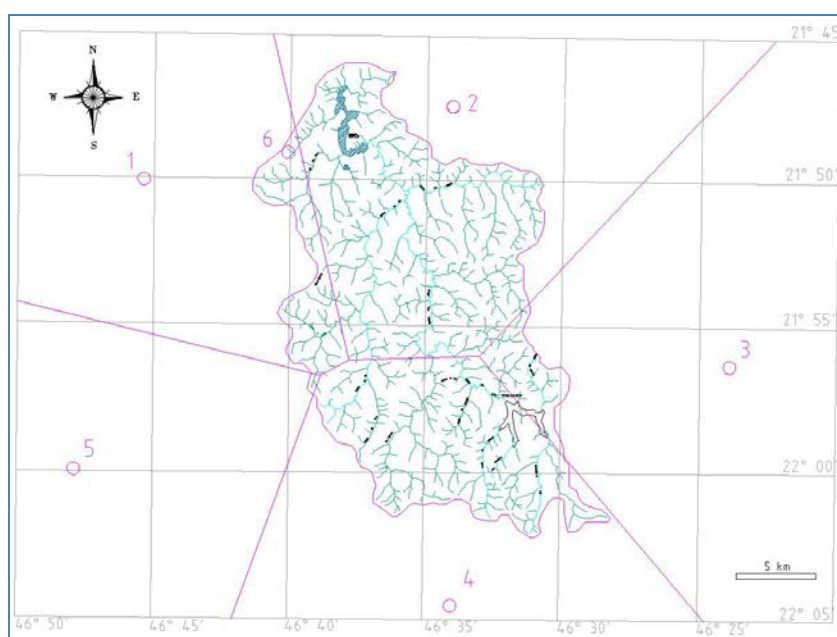


Figura 3 – Bacia do Ribeirão das Antas com postos pluviométricos e os polígonos de Thiessen.

Na Figura 3, os postos enumerados são: 1-São Roque da Fartura; 2-Poços de Caldas; 3-Frutícola Industrial; 4-Andradas; 5-São João da Boa Vista; e o ponto 6 representa a localização do *campus* da UNIFAL em Poços de Caldas. Os resultados de precipitação média na bacia utilizando os dois métodos estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Precipitação média anual na bacia do Ribeirão das Antas.

Método da média aritmética	1649 mm
Método dos polígonos de Thiessen	1662 mm

Também foi realizado o cálculo da precipitação média mensal na bacia, apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Precipitação média mensal na bacia do Ribeirão das Antas

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	296,7
Fevereiro	253,7
Março	198,1
Abril	77,4
maio	58,3
Junho	35,1
Julho	25,5
Agosto	26,0
Setembro	72,9
Outubro	145,6
novembro	176,5
Dezembro	283,7

A partir dos resultados da tabela 6 foi possível determinar o período seco e chuvoso da bacia a partir do gráfico apresentado na Figura 5 construir um perfil de precipitação média mensal na bacia e traçar uma linha média que separe os semestres hidrológicos, contidos na figura 5. Observa-se que período chuvoso na bacia inicia-se em outubro e termina em março enquanto o período seco está compreendido entre os meses abril e setembro.

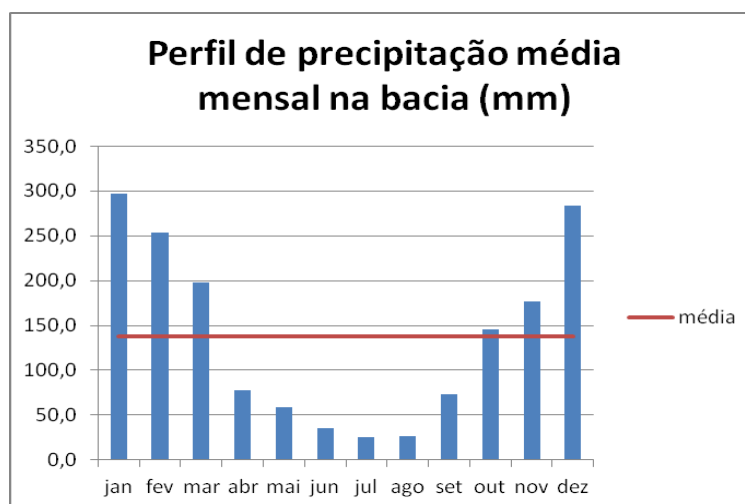


Figura 4: Perfil de precipitação média mensal na bacia.

RESULTADOS - CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DA ÁGUA DE CHUVA

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos para a chuva inicial, para todas as variáveis analisadas.

Tabela 6: Dados qualitativos da água de chuva inicial

Data	pH	Turbidez (NTU)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Oxigênio dissolvido (mg/L)
17/10/11	7,33	6	3	4,82
25/10/11	7,01	7,9	5	4,32
03/11/11	6,88	2,1	2	4,42
25/11/11	8,71	8,2	8	5,78
09/12/11	6,35	11,7	4	4,71
19/12/11	7,12	9,1	6	5,89
27/02/12	4,77	22	12	-
Média	-	9,57	5,71	4,99

Pode-se observar na Tabela 6, que apenas dois dos valores medidos para pH, não se enquadram dentro dos limites permitidos pela NBR 15527. A Figura 5 ilustra a variação temporal do pH.

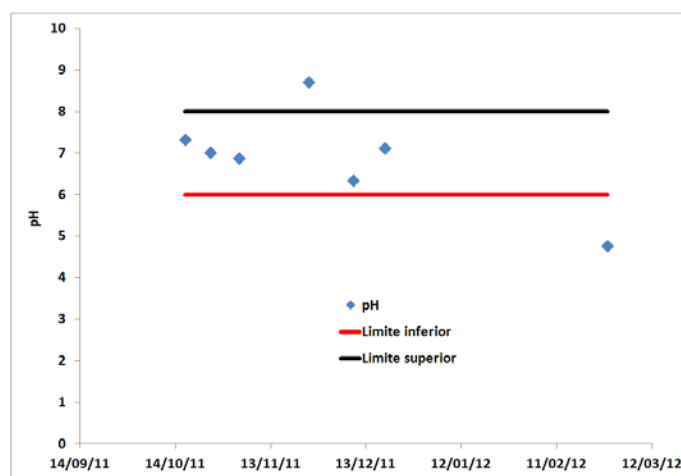


Figura 5: Variável pH medida na água de chuva inicial

Os resultados indicam que a variável turbidez não atende o limite máximo de 5 NTU previsto em ABNT (2007), pois apenas 14,28% das medições possui valor menor ou igual limite, indicado pela reta em vermelho na Figura 6. A média da variável turbidez, de 9,57 NTU, indica a necessidade de tratamento para remoção de turbidez.

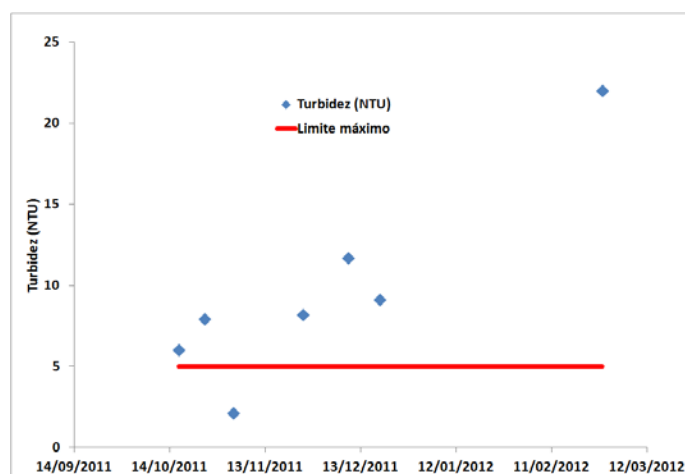


Figura 6: Turbidez medida da água da chuva inicial.

A condutividade elétrica analisada, assim como o oxigênio dissolvido, não apresentam limites máximos ou mínimos exigidos pela NBR – 15527. Os valores médios para a variável condutividade elétrica e para a concentração de oxigênio dissolvido foram de 5,71 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 5,99 mg/L , respectivamente. A Figura 7 apresenta os resultados medidos.

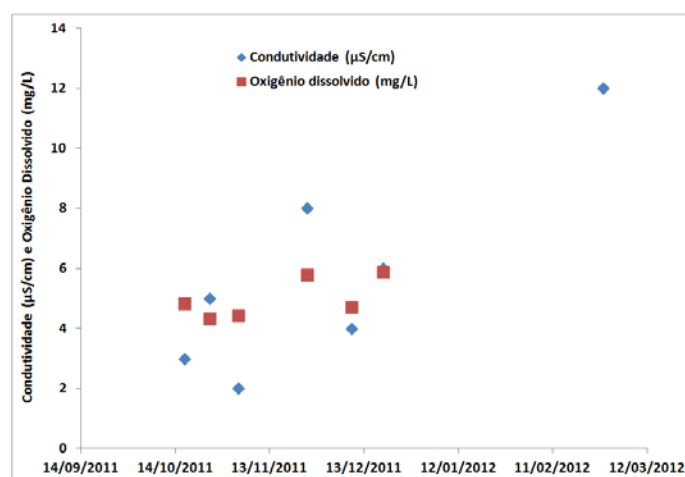


Figura 7: Condutividade elétrica e oxigênio dissolvido da água de chuva inicial.

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos para a chuva final, para todas as variáveis analisadas.

Tabela 7: Dados qualitativos da água de chuva final

Data	pH	Turbidez (NTU)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Oxigênio dissolvido (mg/L)
17/10/11	7,22	9,9	3	4,19
25/10/11	7,47	9,8	3	4,43
03/11/11	7,21	3,8	1	4,43
25/11/11	8,73	9,5	6	6,06
09/12/11	6,06	14,7	6	4,69
19/12/11	7,84	10,2	7	5,03
27/02/12	5,3	16,6	9	-
Média	-	10,64	5	4,81

Pode-se observar que 71,42% das amostras analisadas para a variável pH estão de acordo com os limites observados em ABNT (2007), ou seja, apenas duas amostras apresentaram resultados fora dos padrões recomendados. A Figura 8 ilustra a variação do pH.

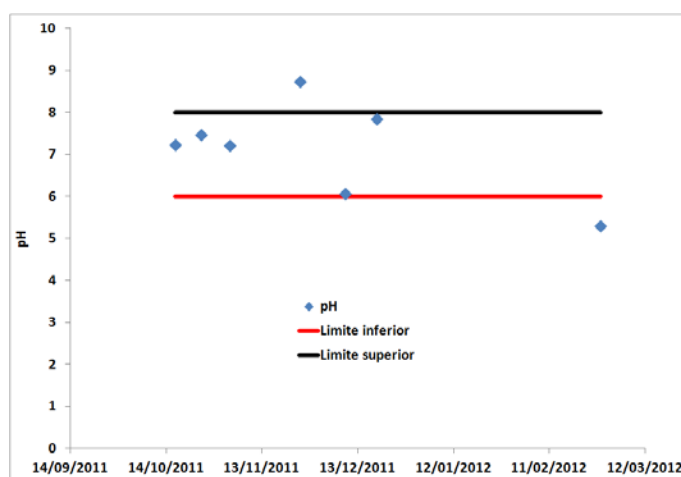


Figura 8: Valores de pH

As amostras de água coletada no final da chuva continuam apresentando altos valores de turbidez acima do recomendado pela NBR 15527, conforme pode ser observado na Figura 9.

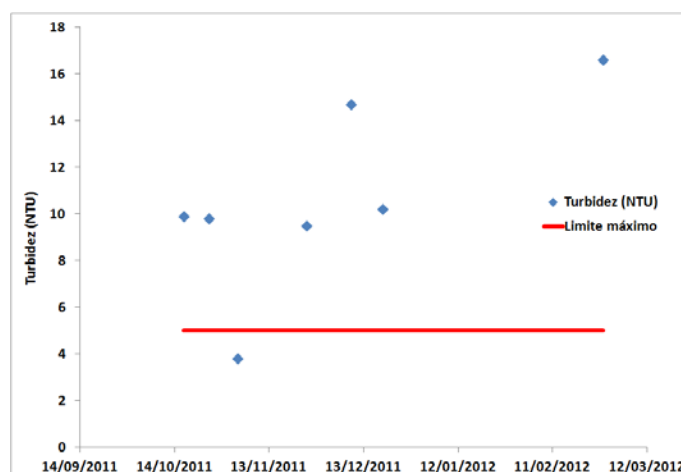


Figura 9: Turbidez: água de chuva final

A Figura 10 apresenta os resultados das análises de condutividade elétrica e oxigênio dissolvido sendo que os valores médios para estas variáveis foram de $5\mu\text{S}/\text{cm}$ e $4,81\text{mg}/\text{L}$ respectivamente.

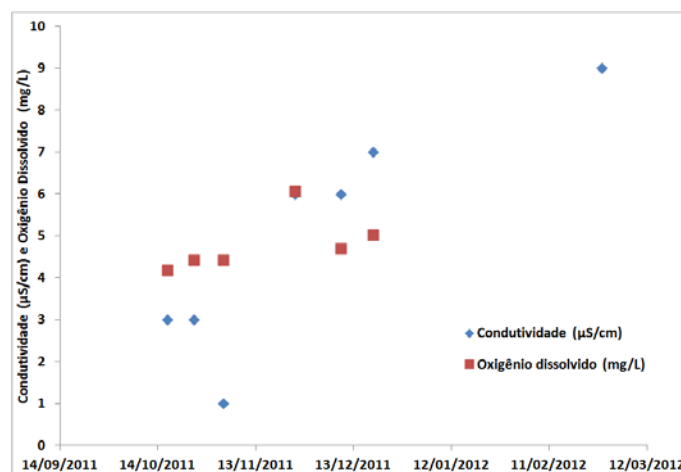


Figura 10: Condutividade elétrica e oxigênio dissolvido da água de chuva final

Analisando os resultados obtidos, observa-se que as águas do início das chuvas apresentam maior acidez, são menos turvas, apresentando menor quantidade de oxigênio dissolvido e uma pequena variação média de condutividade elétrica, quando são comparados aos resultados obtidos na água do final das chuvas. Turbidez é o principal parâmetro que não atende a ABNT NBR – 15527, indicando a necessidade de tratamento prévio, antes do uso.

CONCLUSÕES

A bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas está localizada em uma importante região do Sul do Estado de Minas Gerais que tem sua economia baseada no turismo e nas indústrias, em especial as mineradoras, devendo ser gerenciada de acordo com a Lei Federal 9433/1997.

O conhecimento das características fisiográficas da bacia é de fundamental importância para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos da bacia. A bacia possui $366,30\text{ km}^2$ de área contendo sua maior parte na área rural. O fator de forma e o coeficiente de compacidade, respectivamente 0,36 e 1,51, apontam para uma bacia de formato mais alongado e portanto menos sujeita a enchentes. Além disso o valor encontrado para densidade de drenagem ($1,58\text{ km}/\text{km}^2$) indica que no solo pode conter rochas permeáveis, confirmando essa não propensão a enchentes. No entanto o exutório desta bacia se localiza na confluência com o Ribeirão dos Poços,

na área urbana do município de Poços de Caldas, e pode ser responsável por enchentes e inundações na sub-bacia do Ribeirão dos Poços.

As precipitações médias de 1649 mm e 1662 mm, calculados respectivamente pela média aritmética e pelo método de Thiessen, apresentaram valores bastante próximos entre si, validando, assim, ambos os valores. Vale ressaltar também que dados sobre precipitação média são muito utilizados seja na gestão de águas da bacia, por agricultores, pelas indústrias ou em trabalhos científicos, por isso a relevância dos dados encontrados

As análises qualitativas, das variáveis analisadas, indicam que a água de chuva poderá ser utilizada para os fins não potáveis previstos desde que ocorra um tratamento para remoção de turbidez. Conforme determina a ABNT (2007) ainda será necessário uma desinfecção com cloro para atender a recomendação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, FAPEMIG.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT (2007)– Associação Brasileira de Normas Técnicas; Água de chuva-aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos. ABNT NBR – 15527.
2. POÇOS DE CALDAS (2011). Prefeitura Municipal de Poços de Caldas-MG. “disponível em www.pocosdecaldas.mg.gov.br/portal/” consultado em 10/12/2011.
3. SILVEIRA, A.; Roteiro de análises físicas, químicas e microbiológicas; Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT; 2009.
4. TOMAZ, P. (2006). Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. São Paulo: Navegar