IV-168 - INTENSIDADE HISTÓRICA DAS CHUVAS E A INTERFERÊNCIA NA QUALIDADE ÁGUA DO RIO PARDO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO RIO PARDO, SÃO PAULO

Cleiton Barcot Tintor[(1)]
Engenheiro Agrônomo pela UFV/MG. Analista ambiental na CETESB, Agência Ambiental de São José do Rio Pardo, SP. Mestrando em Ciência e Engenharia Ambiental, UNIFAL/MG.
Ernandes Benedito Pereira[(2)]
Engenheiro Industrial Químico pela USP. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá e Doutor em Engenharia Química pela UFSC/SC. Professor Adjunto II da UNIFAL/MG, atuando no Curso de Biotecnologia e Farmácia e também no Programa de Mestrado em Ciência e Engenharia Ambiental.
Fabio Lima[(3)]
Engenheiro de Alimentos pela USP. Pós-Graduado em Gestão Industrial pela Faculdade Anhanguera. Consultor Autônomo. Mestrando em Ciência e Engenharia Ambiental, UNIFAL/MG.
Katia Aparecida Jerônimo[(4)]
Engenheira Química pelo Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino (SP). Atuação no ramo industrial da metalurgia
Kênia Eliber Vieira[(5)]
Bióloga formada pela Fundação Educacional de Machado (MG). Especialista em Direito Educacional, pelas Faculdades Integradas de Jacarepaguá (RJ). Técnica em Assuntos Educacionais na UNIFAL-MG.

Endereço[(1)]**:** Rodovia José Aurélio Vilela, 11999 (Rod. BR-267, Km 533) - Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia Ambiental (PPGCEA) – Cidade Universitária – Poços de Caldas - MG - CEP: 37715-400 - Brasil - Tel: +55 (35) 3697-4617 - e-mail: **ctintor@gmail.com.**

RESUMO

São diversos os fatores capazes de influenciar na qualidade das águas superficiais: despejo de poluentes, uso intensivo do solo e, até, precipitação.
A Agência Nacional de Águas – ANA disponibiliza dados relacionados aos diversos corpos d'água do Brasil. No caso específico, foram analisados dados das chuvas ocorridas desde o ano de 1911 a 2003. A proposta fundamentou-se na análise de parâmetros da precipitação ocorrida no município de São José do Rio Pardo, avaliando a interação significativa (ou não), em um período definido, de dados de qualidade d'água deste Rio. Dentre os parâmetros pesquisados, incluem-se os de temperatura, pH, turbidez, condutividade, demanda bioquímica de oxigênio – DBO –, demanda química de oxigênio – DQO –, oxigênio dissolvido – OD –, sólidos totais, sólidos dissolvidos e coliformes termotolerantes, observando suas possíveis alterações devido à incidência ou não de chuvas nas imediações dos dados obtidos coletados.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água, Rio Pardo, Precipitação, Chuva, pH, Coliformes.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de recursos hídricos para a manutenção das funções vitais interfere diretamente no bem estar de qualquer ser vivo. Para os seres humanos, estes recursos tem relevância ainda maior, pois são imprescindíveis para dessedentação, higiene, produção alimentícia, saneamento (por consequência manutenção da saúde), energia, produção industrial, entre outros.

A publicação de legislações complementares entre si têm o objetivo de disciplinar estes diferentes usos, com um propósito maior de garantir a qualidade e quantidade de água suficiente para as gerações atuais e futuras.
Neste sentido, o estado de São Paulo, desde o início dos anos 70, vem monitorando diversos índices e indicadores que refletem as condições dos recursos hídricos. Estes monitoramentos nascem como resultado da crescente preocupação social com os aspectos ambientais integrados ao desenvolvimento, processo este que envolve um número elevado de informações em graus de complexidade cada vez maiores. Os índices são ferramentas fundamentais ao processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos (CETESB, 2012).

O regime de chuvas no Brasil apresenta sazonalidade marcante com estação seca e chuvosa em épocas diferentes do ano de acordo com a localização geográfica (FIGUEROA e NOBRE, 1989). Além da variação mensal da chuva, seu ciclo diurno também varia espacialmente (ANGELIS et al., 2004) e isso pode afetar as concentrações das variáveis físico-químicas nos rios.

Diante do exposto, o presente estudo visa avaliar anualmente a precipitação do município de São José do Rio Pardo, dado um período de noventa e dois anos e, ainda, avaliar quantitativamente a interferência da precipitação acumulado no índice de qualidade da água expresso pelo uso de dez parâmetros físicos, químicos e bióticos (temperatura, pH, turbidez, condutividade, demanda bioquímica de oxigênio – DBO –, demanda química de oxigênio – DQO –, oxigênio dissolvido – OD –, sólidos totais, sólidos dissolvidos e coliformes termotolerantes).

MATERIAIS E MÉTODOS

Em consulta realizada no endereço eletrônico da Agência Nacional de Águas – ANA (2012) foram coletados os índices pluviométricos mensais (no período compreendido entre os anos de 1911 a 2003) e os índices de qualidade da água superficial (compreendidos entre os anos 2001 a 2010), no curso do Rio Pardo no município de São José do Rio Pardo, Estado de São Paulo, especificamente nos pontos com coordenadas *Universal Transversa de Mercator* - UTM, Datum: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS - 2000, aqui denominados de "P1", "P2", "P3", "P4" e "P5", sendo que os pontos de P1 a P4 referem-se aos locais de mensuração dos índices de precipitação e o ponto P5 refere-se ao índice de qualidade da água. Os pontos encontram-se alocados nas seguintes coordenadas:

- P1: Latitude 7.610.191 Sul (S) e Longitude 303.262 Leste (L);
- P2: Latitude 7.617.696 S e Longitude 313.532 L;
- P3: Latitude 7.615.850 S e Longitude 313.553 L;
- P4: Latitude 7.610.212 S e Longitude 304.988 L e
- P5: Latitude 7.613.347 S e Longitude 309.870 L; conforme alocação identificada na figura 01.

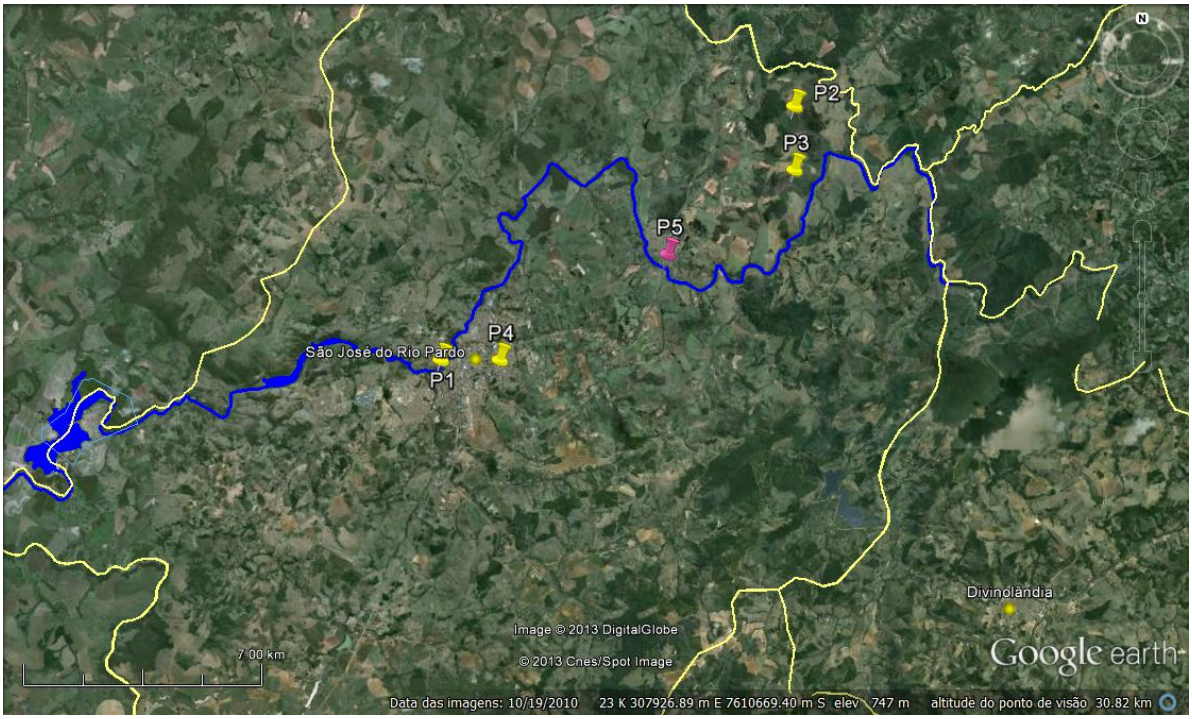

Figura 01: Alocação dos Pontos em Imagem Aérea feita por satélite com destaque para o curso d'água do Rio Pardo (azul) e em limite do município de São José do Rio Pardo (amarelo). Fonte: Software Livre Google Earth 2013.

De posse dos dados coletados, foram aplicados tratamentos estatísticos simples, a fim de confirmar os meses de cheia e seca, históricos a cada ano, a partir do ano de 1911. O tratamento compreendeu o estabelecimento

de médias mensais e análise da evolução da condição pluviométrica ao longo dos anos (avaliação da alteração das médias e os meses de ocorrência).

Conforme proposto por SILVA et al. (2008), com o objetivo de eliminar os efeitos da sazonalidade da precipitação e os impactos que esta causaria na qualidade da água nos pontos do estudo, cada valor de precipitação mensal foi subtraído pela média mensal a ser obtida para todo o período de estudo. Foi feito um cálculo de desvio da precipitação dado em mm/h e expresso por:

Desvio(D) = Precipitação mensal observada (PMO) – Precipitação média mensal (PMM)

Em que, *precipitação mensal observada (PMO)* é o valor da chuva do mês da observação e *precipitação média mensal (PMM)* é o valor médio mensal da precipitação obtido durante o período de estudo em que há sobreposição temporal dos dados de qualidade da água e pluviosidade (2001 a 2003). Valores positivos (negativos) do Desvio para um dado mês significam que aquele mês registrou valores de precipitação acima (abaixo) da média calculada para o período de estudo.

A partir das informações de climatologia mensal da precipitação, observando a mesma série temporal de ocorrência, estes dados foram combinados com os valores bimestrais relativos a cada um dos dez parâmetros componentes do índice de qualidade da água (temperatura, pH, turbidez, condutividade, demanda bioquímica de oxigênio – DBO –, demanda química de oxigênio – DQO –, oxigênio dissolvido – OD –, sólidos totais, sólidos dissolvidos e coliformes termotolerantes). Os resultados foram avaliados estatisticamente ao nível de significância de 5% (cinco por cento), utilizando o software Statistic 5.0.

RESULTADOS

A série histórica analisada estava compreendida entre os anos de 1912 a 2003, uma vez que o intervalo disponibilizado apresentava falha de amostragem para o ano de 1911.

Na análise dos dados verificou-se que a coleta foi de diversos órgãos públicos. Considerando as melhores amostragens para precipitação, por não apresentarem longos períodos sem dados, optou-se trabalhar com os dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Governo do Estado de São Paulo).

A climatologia da precipitação no município de São José do Rio Pardo apresentou comportamento pluviométrico que evidencia ciclo anual marcado por estação chuvosa, que ocorre nos meses de Novembro a Março, e estação seca nos meses de Maio a Setembro. Os meses de Abril e Outubro foram categorizados como os meses de transição por apresentarem valores similares das estações chuvosas e secas. A Figura 02 identifica a médias obtidas mês a mês (média das chuvas).

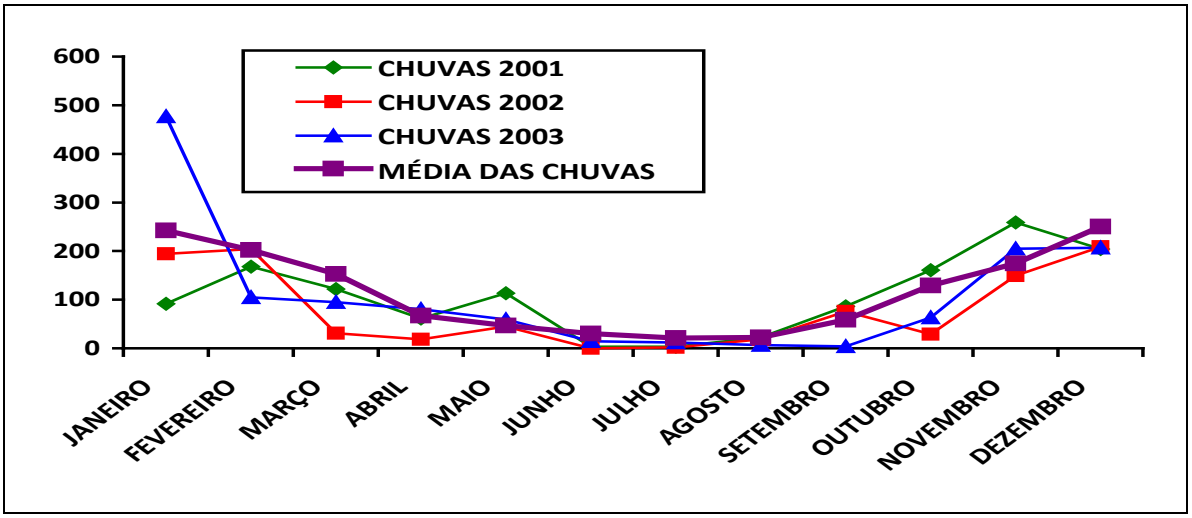

Figura 02: Média anual de distribuição da pluviosidade no período compreendido entre os anos 1912 a 2003.

A análise estatística dos dados, no interesse de comparar a significância a 5 % dos índices pluviométricos dos anos 2001, 2002 e 2003 com a média anual obtida, mostrou que nenhum dos três anos apresentava diferença significativa.

Com relação à interferência da precipitação nos dez parâmetros de avaliação da qualidade da água (temperatura, pH, turbidez, condutividade, demanda bioquímica de oxigênio – DBO –, demanda química de oxigênio – DQO –, oxigênio dissolvido – OD –, sólidos totais, sólidos dissolvidos e coliformes termotolerantes), verificou-se que os anos de 2001, 2002 e 2003 foram anos mais propícios a estiagem, uma vez que, quando aplicado o desvio de correção de sazonalidade (*D=PMO – PMM*), verificou-se a ocorrência de maior quantidade de valores negativos que de valores positivos, conforme descrito na Tabela 01 abaixo:

Tabela 01: Valores do desvio devido a sazonalidade das preciptações (valores negativos – positivos - indicam precipitação mensal abaixo – acima – das médias mensais obtidas no intervalo de estudo.

Anos \ Meses	Desvio em 2001	Desvio em 2002	Desvio em 2003	Precipitação Média Mensal
Janeiro	-151,0281667	-48,4282	234,5718	**242,4282**
Fevereiro	-34,00578871	-179,106	-97,2058	**202,1058**
Março	-31,13733333	-148,737	-57,7373	**152,7373**
Abril	-6,174907377	-63,4749	13,02509	**67,4749**
Maio	66,70846885	-25,5915	12,60847	**46,5915**
Junho	-27,24522787	-30,4452	-15,9452	**30,4452**
Julho	-17,80853333	-9,30853	-9,20853	**21,30853**
Agosto	-0,522354098	4,377646	-15,7224	**22,6223**
Setembro	27,57467459	-56,7253	-55,0253	**58,7253**
Outubro	31,80595082	-98,794	-65,894	**128,7940**
Novembro	84,6925	-161,408	30,2925	**174,4075**
Dezembro	-46,51194262	-234,512	-43,8119	**242,4282**

De posse destes valores, as amostragens de temperatura, pH, turbidez, condutividade, DBO, DQO, OD, sólidos totais, sólidos dissolvidos e coliformes termotolerantes, obtidas nos anos de 2001, 2002 e 2003, pelo órgão do governo do estado de São Paulo, CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, foram combinadas, uma a uma com os dados de desvio de precipitação. Desta forma, a análise estatística de significância ao nível de 5 % foi realizada para os três anos e os valores obtidos são demonstrados na Tabela 02:

Tabela 02: Grau de significância analisado ao nível de 5%, com análise de duas variáveis (desvio da precipitação versus cada um dos dez parâmetros de qualidade da água.

Desvio da Precipitação versus:	Ano 2001	Ano 2002	Ano 2003
Temperatura	p>0,05	p<0,05	p>0,05
pH	p>0,05	p<0,05	p>0,05
turbidez	p>0,05	p<0,05	p>0,05
Condutividade	p<0,05	p<0,05	p<0,05
DBQ	p<0,05	p<0,05	p<0,05
DBO	p>0,05	p<0,05	p>0,05
OD	p>0,05	p<0,05	p>0,05
Sólidos Totais	p<0,05	p<0,05	p<0,05
Sólidos Dissolvidos	p<0,05	p<0,05	p<0,05
Coliformes Termotolerantes	p<0,05	p<0,05	p<0,05

DISCUSSÃO

O Rio Pardo é um rio de grande vazão, de importância econômica para todos os municípios que passa. O local onde foram coletadas as amostras para avaliação de parâmetros da qualidade da água (P5) não é o melhor local para o desenvolvimento deste trabalho, afinal, pela imagem aérea, verificou-se que dois dos pontos que apresentavam maior quantidade de dados de precipitação (P1 e P4) estão a jusante. Desta forma, não se pode afirmar conclusivamente sobre a ausência (ou redução) da precipitação alterando a qualidade da água. Para estudos futuros, há necessidade de que obtenha maior quantidade de dados sobre a precipitação a montante do ponto de coleta de amostras para avaliação da qualidade da água, ou que outros pontos de coleta com esta finalidade sejam incluídos.

A análise amostral dos parâmetros de qualidade da água ter sido desenvolvida com base em dados de três anos é outro fator que limitou a avaliação conclusiva do presente trabalho.

Considerando a facilidade de acesso, tem-se um amplo horizonte de pesquisa a partir dos dados avaliados no presente trabalho. Ou seja, verifica-se uma oportunidade de pesquisa, com análises mais concisas, a partir de dados existentes.

As propostas de caracterizar a evolução temporal das precipitações, combinando comparativamente períodos definidos de anos, para a avaliação dos dados de precipitação ocorrida no período de 1912 a 2003; ou, a de utilizar dez parâmetros de qualidade da água combinados com os dados de precipitação em séries históricas mais amplas, são exemplos das possibilidades de novas pesquisas.

CONCLUSÕES

Em relação à precipitação, a análise e tratamento estatístico de noventa e um anos de dados, não indicaram alteração com relação aos períodos de seca e chuvoso anual já conhecidos e divulgados.

Da análise dos dados de precipitação dos anos de 2001, 2002 e 2003, verificou-se que são anos típicos de períodos prolongados de estiagem, uma vez que nestes anos as médias mensais de pluviosidade encontravam-se, na maioria dos meses, inferiores as médias mensais obtidas (maior parte dos valores de desvio de precipitação foi negativo).

Seria correto que os índices anuais acumulados fossem alterados ao longo da série de noventa e um anos, considerando que ocorreram alterações no uso e cobertura do solo neste período. No entanto, a análise estatística dos três anos estudados não foi significativa para nenhum destes, quando considerada a média anual obtida.

Quanto aos dez parâmetros de fundamentação do índice de qualidade da água (temperatura, pH, turbidez, condutividade, demanda bioquímica de oxigênio – DBO –, demanda química de oxigênio – DQO –, oxigênio dissolvido – OD –, sólidos totais, sólidos dissolvidos e coliformes termotolerantes), verificou-se alteração significativa ao nível de 5 % em cinco dos parâmetros (Condutividade, DBQ, Sólidos Totais, Sólidos Dissolvidos e Coliformes Termotolerantes).

Tal situação pode ser justificada pela ausência de precipitação, uma vez que foram verificadas alterações maiores nos valores amostrados destes cinco parâmetros, durante os meses de seca nos anos de 2001 e 2003. Já no ano de 2002, dos dez parâmetros avaliados, todos apresentaram alteração significativa.

Portanto, a hipótese mais correta é que a diminuição das quantidades de chuva, comum nos períodos de seca afeta a qualidade da água, quando em comparação com as condições de precipitação da estação chuvosa.

Considerando a pouca precipitação entre os meses de maio a setembro, associada à condição atípica dos anos analisados estarem em condição de estiagem, é possível inferir que os parâmetros de condutividade, sólidos totais e sólidos dissolvidos, foram alterados devido o aumento na concentração da "solução" que forma o Rio Pardo, no município de São José do Rio Pardo. Tal condição é fundamentada por considerar-se o redução da velocidade da água ao longo do cursos do rio, ou seja, a redução nos índices de precipitação reduz a vazão de água no trecho estudado, o que propicia a deposição dos Sólidos Inertes e dificulta as reações químicas que mantém os sólidos dissolvidos, a qual afeta diretamente a condutividade.

Referente ao parâmetro denominado coliformes termotolerantes, houve diminuição nos valores mensurados durante os meses de seca, devido à condição de adversidade do meio, dado a pouca entrada de chuvas no trecho estudado do Rio Pardo.

Das análises descritas e executadas, a conclusão é de que os dados avaliados são uma excelente fonte de estudos, pesquisas e, até, para a fundamentação de prática futuras das mais diversas (social, econômica, ambiental, etc), no interesse de aperfeiçoar as diversas possibilidades de uso d'água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA – Agência Nacional de Águas. *Séries Históricas / Hidroweb*. [Internet]. 2012; [citado 2012 set 29]. Disponível em: http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=1080&TipoReg=7&MostraCon=true&CriaArq=false &TipoArq=0&SerieHist=true.
2. MMA - Ministério do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA nº357 de 17 de março de 2005*. [Internet]. 2012; [citado em 2012 set 29]. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459.
3. SILVA, A. E. P., ANGELIS C. F., MACHADO L. A. T., WAICHAMAN A. V. *Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus*. Acta Amazonica 2008; 38(4): 733-742.
4. CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Variáveis de qualidade das águas*. [Internet]. 2012; [citado 2012 set 29]. Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br.
5. DAEE – Departamento de Água e Energia Elétrica. *Equações de Chuvas Intensas*. 1999; Ed. Revisada: 01-19.
6. FIGUEROA, S. N., NOBRE, C. A. *Precipitation distribution over Central and Western tropical South America*. Climanalise 1989; 5: 36-45.