

Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus

Ana Elisa Pereira Silva¹
Carlos Frederico de Angelis¹
Luiz Augusto Toledo Machado¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/CPTEC/DSA
Rod. Dutra, km 40 - Cachoeira Paulista SP – 12630-000
(anaelisa, angelis, machado)@cptec.inpe.br

Abstract. The impacts of precipitation on the water quality along the Purus river, located in the Brazilian State of Amazonas, was investigated using TRMM 3B43 data and information about water temperature, conductivity, pH, turbidity, dissolved oxygen and total suspended solids acquired in four different areas along the river. The results showed a significant negative correlation between precipitation and water temperature, conductivity, pH and turbidity and a significant positive correlation between precipitation and total suspended solids. Although pH tend to decrease whilst precipitation increases, the correlation between these both variables was not significant.

Palavras chaves: qualidade da água, Purus, precipitação, turbidez, pH, condutividade.

1. Introdução

A água é um elemento químico simples e abundante na Terra, de grande importância para a origem e manutenção da vida e pode ser encontrada principalmente em oceanos e geleiras polares e também em rios, aquíferos e na forma de água da chuva.

Uma parte desta água - a água doce, é encontrada em rios e riachos, sendo considerados ecossistemas lóticos (de água corrente), e em lagos e tanques, sendo considerados ecossistemas lênticos (de água parada). Em comparação com os habitats marinhos e terrestres, a água doce ocupa uma parcela relativamente pequena da superfície terrestre, o que não é proporcional à sua importância, principalmente para o consumo de homens e animais (Odum, 1988).

Para assegurar a vida aos habitantes dos rios e garantir a ingestão de uma substância que não seja nociva à saúde, alguns parâmetros de características físicas, químicas e biológicas foram criados para medir a qualidade da água. De acordo com Cetesb (2006) as variáveis que orientam os parâmetros físico-químicos são:

- *Temperatura da água:* desempenha um importante papel no controle do meio aquático, variando normalmente entre 0° e 30°C. Corpos de água naturais variam sua temperatura de acordo com o clima, apresentando alterações sazonais. Despejos industriais e usinas termelétricas podem causar aumento na temperatura da água.
- *pH:* é uma variável que influencia os ecossistemas aquáticos naturais devido a seus efeitos na fisiologia de diversas espécies. Para que se conserve a vida aquática, o pH ideal deve variar entre 6 e 9.
- *Turbidez:* sofre influência direta da presença de sólidos em suspensão, que impedem que o feixe de luz penetre na água, reduzindo a fotossíntese da vegetação submersa. A erosão das margens dos rios em estações chuvosas também resulta em aumento da turbidez das águas.
- *Condutividade:* é a capacidade da água em conduzir corrente elétrica. Isto depende da concentração de íons e da temperatura. A condutividade também indica possíveis modificações na composição da água, principalmente mineral.
- *Oxigênio Dissolvido:* o oxigênio é um elemento essencial no metabolismo dos seres aquáticos aeróbicos. Em águas poluídas, uma fonte importante de oxigênio é a fotossíntese de

algas que se nutrem dos compostos orgânicos; porém, a pouca penetração dos raios solares devido à turbidez, pode comprometer esta fonte.

- *Sólidos suspensos*: todas as impurezas, com exceção dos gases dissolvidos, são considerados sólidos suspensos em corpos d'água. Suas altas concentrações reduzem a passagem de luz solar e afetam organismos bentônicos.

Variáveis de característica físico-química, como temperatura da água, turbidez, pH e concentração de oxigênio dissolvido além de discriminar a qualidade dos rios são as que mais sofrem influência das estações do ano. Carvalho et al. (2000) verificou a existência de uma significativa relação entre o aumento da temperatura da água e dos sólidos suspensos com a condutividade elétrica na água, que pode ocorrer a partir de reações desencadeadas na fauna aquática frente ao aumento da temperatura.

Segundo Maier (1987) um pequeno abaixamento nos valores de pH pode estar associado a um aumento no teor de matéria orgânica que leva a uma conseqüente queda na quantidade de oxigênio dissolvido disponível no corpo d'água. Para essa autora o pH encontrado nas águas dos rios brasileiros varia de neutro a ácido e pode se alterar ao longo do rio. Um exemplo dessa variação é o caso do rio Amazonas que apresenta uma elevação gradativa do pH a partir do valor 4,0 atingindo o máximo de 7,8 praticamente em águas marinhas. Carvalho et al., (2000) afirmam que com o aumento das chuvas, o pH tende a subir e aproximar-se da neutralidade, pois ocorre maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamento mais rápido, causado por um aumento no volume de água; isto faz com que a acidez da água diminua.

Apesar de ser inter-relacionarem entre si as variáveis físico-químicas podem sofrer influência do meio externo, como a ocorrência de precipitação. Sendo a chuva o principal agente regulador dos cursos de água, espera-se que ela seja também uma importante variável a ser considerada em estudos envolvendo a qualidade da água de rios e distributários.

O regime de chuvas no Brasil apresenta uma sazonalidade marcante evidenciando uma estação seca e outra chuvosa que acontece em épocas diferentes de acordo com a localização geográfica (Figuerola 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 presentes nos rios.

Em ambientes onde a ação antrópica é marcante, a qualidade da água deixa de ser afetada somente por fatores naturais e sofre os impactos das atividades humanas. De outro lado em locais pouco degradados, a qualidade da água é afetada somente por agentes naturais.

Um exemplo de ambiente considerado com baixo índice de antropismo é a Bacia do Rio Purus, localizada na porção centro oeste da Região Amazônica. Apesar de próximo à fronteira agrícola, que avança no sentido sudoeste da Amazônia, essa área ainda não sofreu muitos impactos decorrentes da conversão de florestas tropicais. A qualidade das águas do Rio Purus é monitorada regularmente pela Agência Nacional de Águas (ANA) através de coletas de amostras feitas em quatro diferentes localidades. O monitoramento é feito desde 1975, porém a série temporal mais completa foi obtida para o período de 1998-2005. As variáveis monitoradas são as seis descritas anteriormente e serão analisadas nessa pesquisa juntamente com valores de precipitação mensal observada para a região.

Informações sobre precipitação obtidas através de dados de sensoriamento remoto são de muita utilidade em extensas áreas onde não há uma densa rede de pluviômetros nem cobertura de radar meteorológico, como é o caso da região Amazônica e mais precisamente a bacia do Rio Purus. Diante disso, os dados de chuva usados nessa pesquisa foram obtidos a partir de estimativas feitas através de informações coletadas pelos sensores do satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) que é equipado com um radar meteorológico, um sensor de microondas passivo e um sensor óptico no infravermelho (detalhes sobre o satélite e

sensores podem ser encontrados em: <http://trmm.gsfc.nasa.gov>). A partir dos sensores a bordo do satélite é possível elaborar estimativas de precipitação em diversas escalas temporais e espaciais usando diferentes técnicas.

2. Área de Estudo

A Bacia do Rio Purus está localizada na porção sudoeste da Amazônia e tem o rio Purus como distributário principal. É uma bacia trans-fronteiriça cobrindo áreas do estado do Amazonas, Acre e dos países vizinhos do Peru e Bolívia. A porção localizada no estado do Amazonas, onde os pontos de coleta de água feita pela ANA estão localizados, é coberta por floresta primária nativa e apresenta longas áreas de inundação ao longo do curso meândrico do Rio Purus. Apesar de ser a principal fonte de pesca que abastece os mercados de Manaus, o local apresenta baixo índice de antropismo, com reduzidas áreas de conversão de floresta localizadas nas margens do rio junto a áreas urbanas de pequenos municípios como Lábrea (AM) e Boca do Acre (AC). A **Figura 1** mostra a localização do Rio Purus e os locais de amostragem de água.

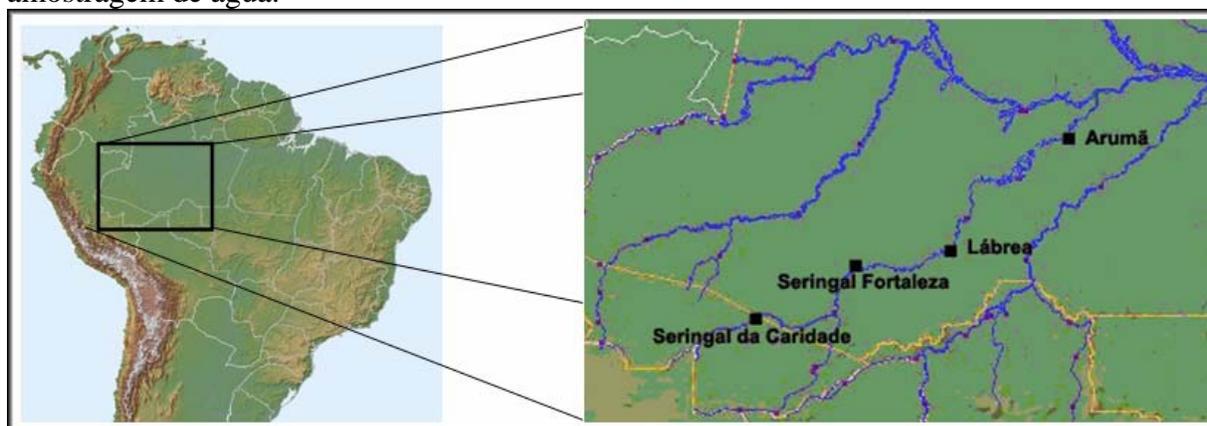


Figura 1: área de estudo e locais de amostragem de água

3. Dados e método

As informações de qualidade de água foram obtidas por amostras feitas durante o período de 1998-2005 para as variáveis Temperatura da água, pH, Turbidez, Condutividade Elétrica, Oxigênio Dissolvido e Sólidos em Suspensão. Pelo menos três coletas por ano compõem as séries temporais de cada ponto amostrado. As informações sobre os locais de coleta de água estão mostradas na **Tabela 1**.

Tabela 1: Pontos de coleta de amostras de água para avaliação de parâmetros físico-químicos

Nome da estação	Latitude	Longitude
Seringal da Caridade	-09°02'06"	-68°34'06"
Seringal Fortaleza	-07°41'00"	-66°56'00"
Lábrea	-07°15'08"	-64°48'00"
Arumã	-04°41'00"	-62°07'00"

Os dados de precipitação foram extraídos para o mesmo período de 1998-2005 para os locais de mesma coordenada geográfica dos pontos de coleta de água. Utilizou-se de dados mensais produzidos pelo algoritmo 3B43 que combina todos os sensores do TRMM com informações de pluviômetros produzidas pelo Global Precipitation Climatology Center (GPCC). A saída dos dados 3B43 mostra o valor mensal da precipitação em cada ponto de

grade cuja resolução espacial é de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$. Mais detalhes sobre o algoritmo podem ser vistos em <http://trmm.gsfc.nasa.gov/3b43.html>.

A partir das informações de chuva avaliada pelo satélite elaborou-se a climatologia mensal da precipitação observada durante o período de estudo. Os resultados produziram mapas de chuva mensal que envolve não só a área de estudo, mas também a maior parte da América do Sul na resolução espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$.

Os valores mensais de precipitação dos pontos de grade coincidentes com os locais de coleta de água foram inseridos na série temporal de qualidade da água. Para cada amostragem de água realizada em dias anteriores ao dia 15 associou-se o valor de chuva do mês anterior, enquanto que para leituras feitas após o dia 15 associou-se os valores de precipitação do próprio mês da leitura. As séries temporais foram utilizadas para se fazer uma análise quantitativa de cada parâmetro avaliado e também para verificar os impactos causados pelo regime de chuva da região na qualidade da água do rio em estudo.

4. Resultados e Discussões

A climatologia da precipitação sobre a América do Sul observada durante o período de estudo é apresentada na **Figura 2**.

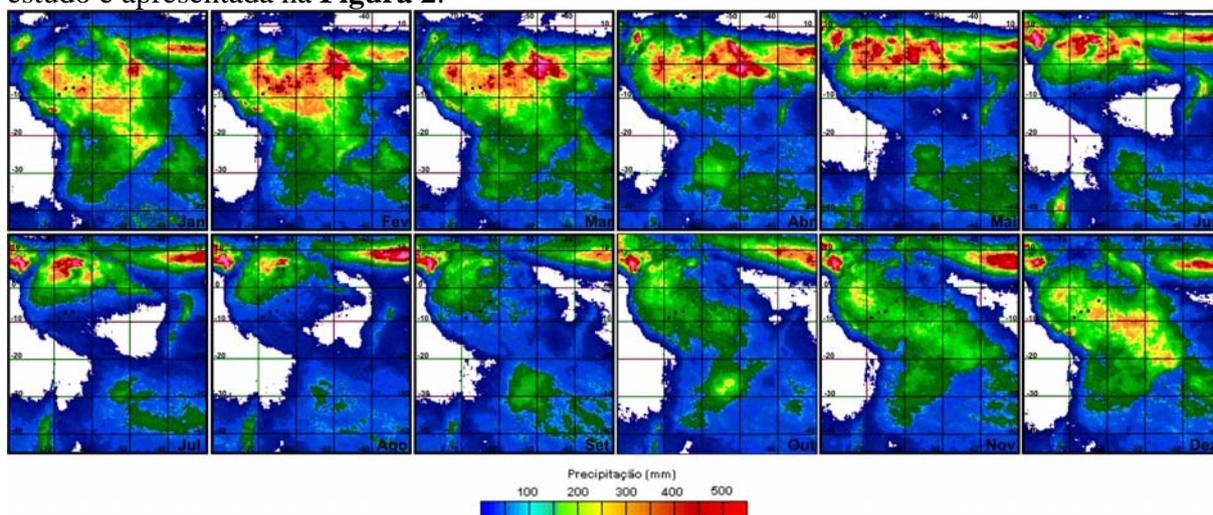


Figura 2: Precipitação acumulada média mensal obtida a partir de dados TRMM 3B43

De acordo com a **Figura 2** os locais de amostragem para análise da qualidade da água (área centrada em -65°W e -5°S) apresentam comportamento pluviométrico evidenciando um ciclo anual da precipitação marcado por uma estação chuvosa, que ocorre nos meses de Novembro a Março, e uma estação seca que ocorre nos meses de Maio a Setembro. Os meses de Maio e Outubro são meses de transição, e hora apresentam valores compatíveis com a estação chuvosa, hora com a estação seca. Durante o período observado o ciclo anual da precipitação seguiu o padrão típico mostrado na **Figura 3**.

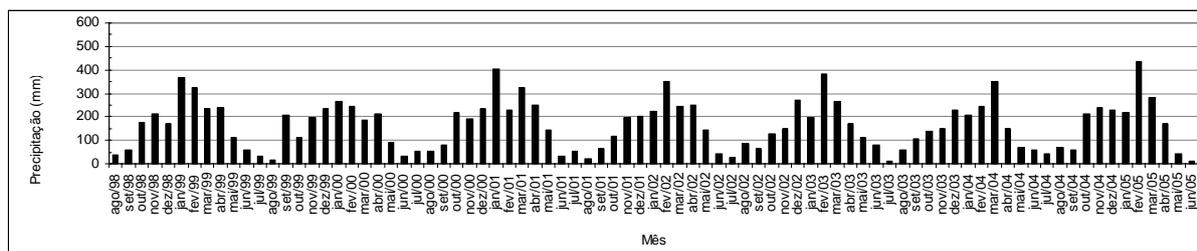


Figura 3: Ciclo anual da precipitação para a localidade de Seringal da Caridade

Embora o ciclo anual encontrado para Seringal da Caridade seja semelhante para todas as localidades estudadas, o valor de precipitação acumulada mensal varia em cada local chegando a apresentar o máximo de 550 mm no mês de Março de 2003 em Lábrea. A climatologia da precipitação observada nesse estudo está de acordo com trabalhos anteriores, como por exemplo, aqueles encontrados por Figueroa e Nobre (1990). O regime de chuva observado em cada localidade parece influenciar diretamente os valores de quatro das cinco variáveis de qualidade de água amostrados. A correlação entre o valor da precipitação acumulada mensal e as variáveis Temperatura, Condutividade, Turbidez e Sólidos Suspensos apresentou valores significativos ao nível de 5% em todas as localidades. O aumento nos acumulados mensais de chuva parece diminuir o pH, porém encontrou-se correlação significativa entre essas duas variáveis somente para Lábrea. De acordo com os gráficos de dispersão de todas os locais amostrados, a precipitação favorece a diminuição da Temperatura, Turbidez e Condutividade da água, enquanto contribui par ao aumento de Sólidos em Suspensão. O Oxigênio dissolvido apresenta uma tendência em diminuir (aumentar) sua concentração em função do aumento (diminuição) da precipitação, porém a correlação obtida em todos os locais não foi significativa.

A **Figura 3** mostra os gráficos de dispersão entre as seis variáveis analisadas em função da precipitação acumulada no mês da coleta da água para a localidade de Seringal da Caridade.

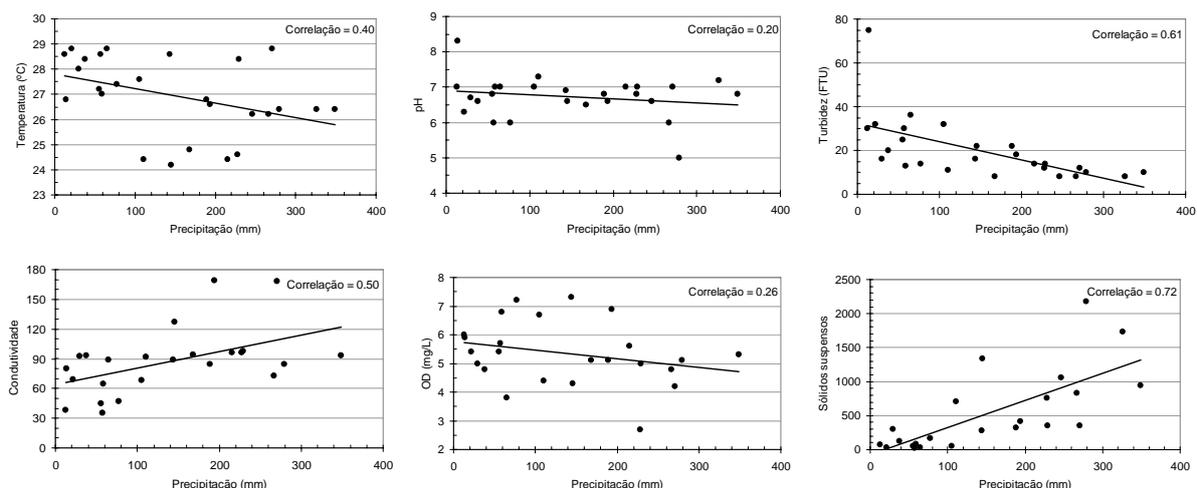


Figura 3: Correlação entre as variáveis de qualidade de água e valor mensal de precipitação

As séries temporais produzidas pela análise da qualidade da água nas quatro localidades estudadas revelaram o comportamento das variáveis monitoradas ao longo do período de estudo. A **Figura 4** mostra os resultados obtidos somente para a localidade de Seringal da Caridade, porém os mesmos gráficos foram feitos para cada localidade (não mostrados).

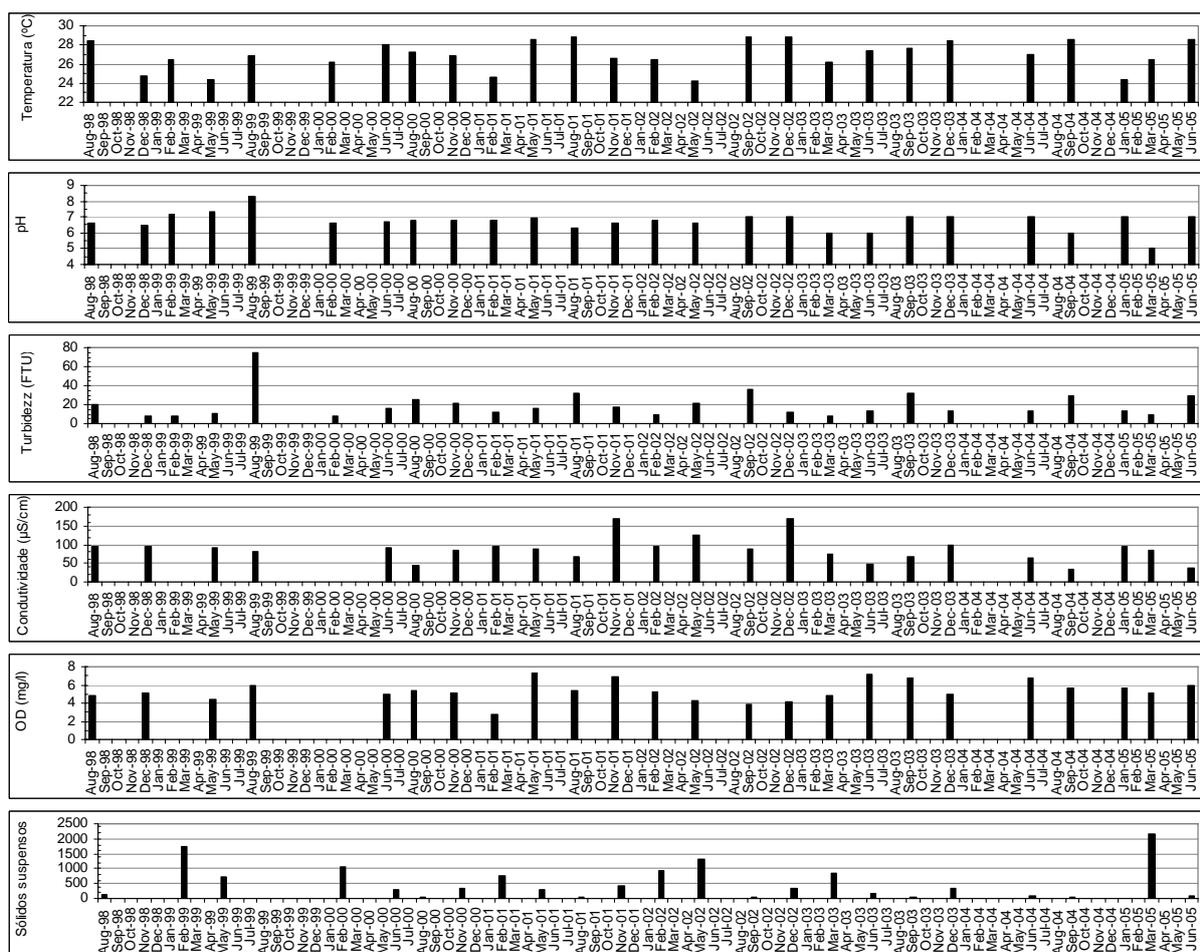


Figura 4: Série temporal das variáveis de qualidade de água em de Seringal da Caridade

Em Seringal da Caridade por nenhuma vez a temperatura da água atingiu 30°C como foi percebido em outras localidades. O pH neste local manteve-se entre 6 e 7 mantendo uma ligeira acidez da água no local analisado. Neste local apenas uma vez o pH atingiu valor 5,0 (Fev/05) considerado crítico para a manutenção da vida aquática. A data deste menor valor de pH coincide com a data do maior valor encontrado de Sólidos Suspensos e com o maior valor de precipitação registrada para o período observado (436 mm). Ao contrário do que se esperava o valor de Turbidez foi consideravelmente baixo para essa data. Os Sólidos em Suspensão de Seringal da Caridade atingiram valores mais altos em comparação com as demais estações de coleta. Estes valores foram maiores entre os meses de Fevereiro a Maio dos anos de 1999 a 2001. O ponto de coleta de Seringal da Caridade está localizado próximo ao perímetro urbano de Boca do Acre (AC), área de elevada ação antrópica. Desta forma, é possível que a alta concentração dessa variável nas águas do Rio Purus seja um indicativo de degradação ambiental em áreas próximas ao local de amostragem.

Seringal da Fortaleza por três anos consecutivos (2001, 2002, 2003) apresentou maior temperatura no mês de Novembro, ou seja, no início do período chuvoso. Apenas uma vez ao longo do período observado (Nov/2002) a temperatura da água atingiu valor superior a 30° (30,2°). Em 1998 e 1999 as temperaturas mais altas do ano ocorreram no mês de Agosto (período de seca). Em Novembro de 2001, o índice mais alto de condutividade coincidiu quando a temperatura da água foi mais alta (28,4°C). Em 2002 e 2003 essa variável atingiu seus maiores índices no mês de setembro. Esses resultados indicam que tanto Temperatura quanto Condutividade Elétrica apresentam seus máximos valores no final da estação seca. No

período analisado, três picos de aumento de Sólidos em Suspensão ocorreram no mês de Fevereiro (2002, 2003 e 2005), coincidindo com o período de máxima ocorrência de chuvas. Arumã é a localidade que mais vezes atingiu temperaturas acima de 30° (Out/98, Jul/02, Out/02 e Nov/03). Os Sólidos em Suspensão por quatro anos consecutivos (2001, 2002, 2003 e 2004) apresentaram seus maiores valores no mês de Janeiro, coincidindo como o pico da estação chuvosa. Na estação chuvosa a Turbidez apresentou seus menores valores, enquanto que na estação seca os maiores valores anuais foram atingidos no mês de Julho dos anos de 1999 a 2004. A condutividade apresentou seu maior valor em Abril/99, porém não observou-se nenhuma evidente relação com outra variável.

Em Lábrea o pH médio do local manteve-se acima de 6 com apenas 13% das amostras apresentando pH de 5. A Turbidez manteve índices abaixo de 60 FTU sendo que os maiores (menores) valores ocorreram durante a estação seca (chuvosa). O nível de Oxigênio Dissolvido que até o mês de Junho de 2003 apresentava valores inferiores a 4 mg/l passou a apresentar valores superiores a 6 mg/l até a última amostragem feita em 2005. Esse resultado indica uma sensível melhora desse parâmetro uma vez que o mesmo foi elevado para níveis aceitáveis pela resolução CONAMA 357/2005.

Arumã apresentou os menores valores temperatura da água e os menores valores de pH quando comparados com as demais localidades. A queda acentuada dos valores de pH aconteceu a partir do mês de Abril de 2003 quando isso persistiu até o último registro feito em 2005. A diminuição dos valores de pH foi seguida de um aumento da temperatura da água. Todos os demais valores das variáveis analisadas, com exceção do Oxigênio Dissolvido que se manteve igual, apresentaram valores médios superiores aos seus pares obtidos nas demais localidades. Isso é um indicativo muito forte de que a qualidade da água neste trecho do Rio Purus é melhor do que aquela encontrada a montante de Arumã.

Os resultados encontrados nessa pesquisa sugerem que as localidades de Seringal da Caridade e Arumã, são os pontos onde a qualidade da água obteve seus piores e melhores valores, respectivamente. O uso do solo e o regime de precipitação da área estudada parecem ser os principais agentes que diretamente interferem na qualidade da água do Rio Purus. A **Figura 5** mostra a localização dos pontos de coleta de água sobre a área de estudo a partir de imagens Landsat/TM.

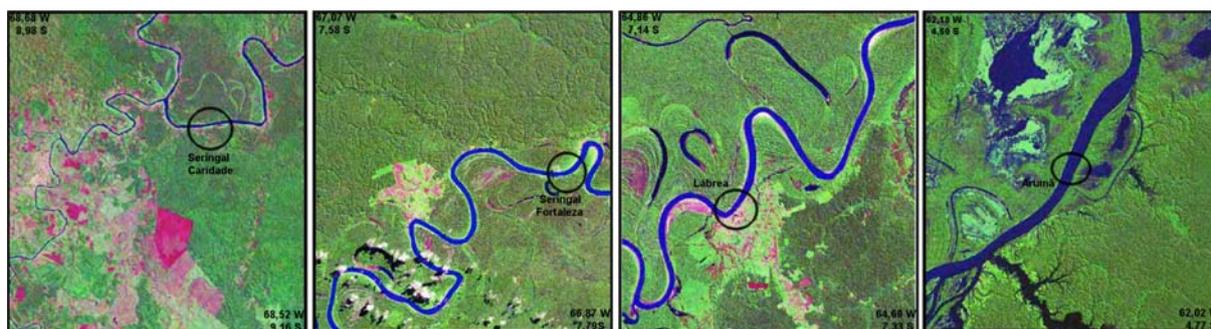


Figura 5: Cobertura da Terra e uso do solo no entorno dos pontos de amostragem de água

De acordo com a **Figura 5** percebe-se que Seringal da Caridade está localizada a jusante do município de Boca do Acre onde é possível visualizar o alto grau de antropismo do local. A conversão de florestas no entorno desse local expõe o solo e facilita o transporte de sedimentos para o rio durante os eventos de chuva. Os altos valores de sólidos em suspensão encontrados nessa região parece ser resultado direto desse fenômeno. Em direção oposta a isso Arumã está localizada em uma área onde a alteração da cobertura vegetal é praticamente inexistente, o que reflete a boa qualidade da água no local. Lábrea está localizada em um local

onde a ação antrópica é intensa, porém não atinge a magnitude daquela encontrada em Boca do Acre. Isso pode ser a explicação dos valores desse local terem sido superiores aqueles encontrados em Arumã, porém inferiores de Seringal da Caridade. Seringal da Fortaleza também localiza-se em uma área cuja ação antrópica também é percebida, mas não tão intensa. Os resultados das variáveis físico-químicas analisadas assemelham-se com seus pares de Lábrea.

5. Considerações Finais

Apesar de preliminares os resultados obtidos nessa pesquisa mostram que a precipitação parece ser o principal agente influenciador da qualidade da água do rio Purus, uma vez que foi observado que as principais variáveis monitoradas se correlacionaram significativamente com o regime de chuvas do local. Neste estudo não foi avaliado o impacto de atividades antrópicas na qualidade da água monitorada, porém percebeu-se que a localidade de Seringal da Caridade, situada no ponto mais a montante do trecho estudado, parece sofrer influência direta da interferência humana. Neste local onde há a presença próxima da área urbana do município de Boca do Acre (AC), os valores de Turbidez e Sólidos em Suspensão apresentaram valores muito acima dos demais analisados. Na localidade de Arumã, situada no ponto mais a jusante do trecho estudado, os parâmetros avaliadores da qualidade da água apresentaram os melhores índices quando comparados com os demais. Este local está situado próximo a foz do rio Purus e não apresenta sinais de degradação ambiental em seu entorno. Pelos resultados obtidos nessa pesquisa, é possível verificar que eventuais impactos na qualidade da água causados por atividades humanas, principalmente em locais próximos a perímetros urbanos, têm abrangência somente em escala local.

Este trabalho utilizou dados de precipitação mensal obtidas por sensoriamento remoto para verificar a resposta das variáveis de qualidade de água diante do regime de chuva. Novas análises envolvendo dados diários de chuva, uso do solo e a edafologia da região estão sendo feitos para melhorar o diagnóstico e aprimorar o entendimento dos processos naturais e antrópicos que possam influenciar a qualidade da água e causar impactos nos recursos hídricos da área de estudo.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido com recursos do CNPq Processo nr. 104201/2006-1 (NV)

Referências Bibliográficas

ANGELIS, Carlos Frederico; McGregor, Glenn R.; Kidd, Chris. A 3 year climatology of rainfall characteristics over tropical and subtropical South America based on Tropical Rainfall Measuring Mission Precipitation Radar data. **International Journal of Climatology**, 24, 385 – 399, 2004.

CETESB - Companhia Estadual Técnica de Saneamento Básico e Defesa do meio Ambiente – Variáveis de qualidade das águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>> . Acesso em: 08 nov. 2006.

CARVALHO, Adriana Rosa; SCHLITTLER, Flávio Henrique Mingante; TORNISIELO, Valdemar Luiz. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 5, 2000.

FIGUEROA, Silvio N.; Nobre, Carlos A. Precipitation distribution over Central and Western tropical South America. **Climanálise**, 5: 36-45, 1990.

MAIER, Maria Helena. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47°55' – 48°55'W; 22°30' – 21°55'S – Brasil): qualidade da água do rio principal. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.39, n.2, Fevereiro de 1987.

ODUM, Eugene P; RIOS, Ricardo Iglésias (Trad.) **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434 p.