

MONITORAMENTO HIDROLÓGICO COMO FORMA DE AVALIAÇÃO DO USO DA TERRA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS COM DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS

MOSCA, A. A. O.¹

¹USP/FFLCH, PPG em Geografia Física. Tel. 0(64)9627-8192, amosca@usp.br

ROSS, J. L. S.²

²USP/FFLCH, DGeo – Lab. de Geomorfologia. Tel. 0(11) 3091-3719, juraross@usp.br

LIMA, W. P.³

³USP/ESALQ, Departamento de Ciências Florestais – Lab. de Hidrologia. Tel. 0(19) 3436-8621, wplima@esalq.usp.br

RESUMO

O presente trabalho aborda a problemática dos impactos ambientais causados por espécies de rápido crescimento, o eucalipto, no contexto do Bioma Cerrado. É parte de pesquisa desenvolvida junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo e a ESALQ/USP. É a partir do entendimento de Gadotti-(2000, p.31) quando se refere aos problemas ambientais como sendo, antes de tudo, problemas sociais, que a inquietação seguinte será abordada: plantações florestais em escala industrial podem causar impactos ambientais negativos, principalmente aqueles relacionados com o consumo de água e perdas de solo e de nutrientes quando comparado à cobertura vegetal nativa. Propôs-se desenvolver um estudo comparativo do comportamento hidrológico em duas sub-bacias. É, portanto, através do estudo e monitoramento de uma série de variáveis que se pretende conhecer a dinâmica da paisagem e sua funcionalidade para, então, oferecer subsídios ao planejamento sustentado. Objetivou-se avaliar alguns aspectos quantitativos e qualitativos do balanço hídrico e de nutrientes nas sub-bacias. Especificamente, buscou-se verificar a influência da cobertura vegetal sobre o regime hidrológico, através do balanço hídrico; caracterizar a qualidade da água através dos parâmetros físico-químicos. Para a compreensão dos processos envolvidos na temática em questão, a bacia hidrográfica aparece como referencial metodológico por excelência ao permitir uma diversidade de abordagens nas mais variadas escalas de análise e síntese das paisagens resultantes. As sub-bacias selecionadas como objeto de estudo situam-se a sudeste do Estado de Goiás, distando cerca de 6 km da cidade de Catalão. A realização do balanço de massas, para determinação da taxa média anual de evapotranspiração nas sub-bacias e sua comparação com aquela obtida pelo balanço hídrico regional baseou-se em uma série hidrológica de dados de vazão e precipitação. Para coleta dos dados de vazão instalaram-se duas estações limimétricas, sendo uma em cada sub-bacia, compostas por poço tranquilizador de fluxo, régua limimétrica e linígrafo. Para a caracterização hidrogeoquímica coletaram-se alíquotas de água da chuva e do deflúvio. A coleta de amostras de água do deflúvio, para fins de determinação da qualidade da água, das perdas de sedimentos (erosão física) e da concentração de nutrientes é feita manualmente e mensalmente nas sub-bacias, armazenadas em geladeira e transportadas para o Laboratório de Ecologia Aplicada, do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. De um modo geral, para todos os parâmetros analisados, com exceção do pH, os valores encontrados na sub-bacia com cerrado foram ligeiramente superiores.

Palavras-Chave: monitoramento hidrológico; uso da terra; bacias hidrográficas.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho aborda a problemática dos impactos ambientais causados por espécies de rápido crescimento, no caso o eucalipto, no contexto do Bioma Cerrado. É parte de uma pesquisa mais abrangente desenvolvida junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo e a ESALQ/USP.

As polêmicas geradas em torno dos possíveis impactos ambientais negativos causados pelo eucalipto fora de seu ambiente de origem (Austrália) são inúmeras. As acusações vão desde o esgotamento dos nutrientes e secamento da umidade retida no perfil de solo a alelopatia¹. Lima (1996) ao escrever sobre o tema ressalta que parte das críticas contra o eucalipto pode ter sido consequência de expectativas frustradas, resultado de programas malsucedidos de florestamento. O autor observa ainda que o estudo do aspecto social merece melhor atenção e deve ser visto no sentido de melhor integrar as plantações florestais com as prioridades regionais de uso da terra.

O plantio de eucalipto no Sudeste do Estado de Goiás está associado a uma demanda das mineradoras que se instalaram no município de Catalão há quase 40 anos, embora todo esse tempo tenha transcorrido constata-se a ausência de pesquisas sobre os efeitos das florestas plantadas, notadamente na qualidade e quantidade de água e perda de solos. É a partir do entendimento de Gadotti (2000, p.31) quando se refere aos problemas ambientais como sendo, antes de tudo, problemas sociais, que a inquietação seguinte será abordada: plantações florestais em escala industrial podem causar impactos ambientais negativos, principalmente aqueles relacionados com o consumo de água e perdas de solo e de nutrientes quando comparado à cobertura vegetal nativa. Como as transformações em nível global no ciclo hidrológico se manifestam na escala local da paisagem é o que pretendemos compreender. Propôs-se, então, desenvolver um estudo comparativo do comportamento hidrológico em duas sub-bacias. Espera-se que através de estudos integrados, um conjunto de indicadores apropriados para diferentes escalas possam ser identificados a fim de ajudar num melhor entendimento dos impactos das atividades humanas na área em estudo, auxiliar no processo de tomada de decisões disponibilizando informação e dados consistentes, e propiciar um suporte mais efetivo no planejamento do uso e ocupação da terra e na implementação de melhores práticas de manejo. É, portanto, através do estudo e

¹ O termo "alelopatia" foi criado em 1937, pelo pesquisador alemão Hans Molisch, com a reunião das palavras gregas "*allélon*" e "*pathos*", que significam respectivamente, *mútuo* e *prejuízo*. Segundo Molisch, alelopatia é "a capacidade de as plantas, superiores ou inferiores, produzirem substâncias químicas que, liberadas no ambiente de outras, influenciam de forma favorável ou desfavorável o seu desenvolvimento".

monitoramento de uma série de variáveis que se pretende conhecer a dinâmica da paisagem e sua funcionalidade decorrente das ações antrópicas para, então, oferecer subsídios ao planejamento sustentado. Objetivou-se avaliar alguns aspectos quantitativos e qualitativos do balanço hídrico e de nutrientes nas sub-bacias. Especificamente, buscou-se verificar a influência da cobertura vegetal sobre o regime hidrológico, através do balanço hídrico; caracterizar a qualidade da água através dos parâmetros físico-químicos e biológicos: pH, cor, turbidez, sedimentos, temperatura, K, Ca, Mg, Na, P e Fe.

Para a compreensão dos processos envolvidos na temática em questão, a bacia hidrográfica aparece como referencial metodológico por excelência ao permitir uma diversidade de abordagens nas mais variadas escalas de análise e síntese das paisagens resultantes.

2. ÁREA DE ESTUDO

As sub-bacias selecionadas como objeto de estudo do presente trabalho situam-se a sudeste do Estado de Goiás, distando cerca de 6 km da cidade de Catalão. Conforme indica Ferreira (1996), a cobertura vegetal regional constitui-se em uma variedade de cerrado marcada pela presença de floresta estacional semidecidual inscrita no Bioma Cerrado. A característica geral desse tipo de vegetação relaciona-se com o Clima Tropical Úmido de Altitude que apresenta duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca, as quais determinam uma estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes (KLEIN, 1996, p.10). Segundo dados obtidos no 10º DISME², a região em consideração encontra-se representada pela temperatura média compensada de 22 °C, com um período úmido que vai de outubro a março e um período seco entre maio e setembro.

Segundo Klein (1996) a região de Catalão / Ouvidor está inserida nos Planaltos do Divisor Tocantins-Paraná, porção central e sudeste do Estado, com cotas médias de 800 m, mas que podem atingir até 1650 m. Estes planaltos se constituem em centros de dispersão das drenagens para as bacias dos rios Paraná e Tocantins, num contexto morfoestrutural remanescente de antigas cadeias dobradas. A área de estudo encontra-se no Planalto Central Goiano, associada a rochas do Complexo Arachá e do Embasamento Granito Gnáissico Arqueano. A região sudeste de Goiás caracteriza-se pela disposição de quatro classes de solos dominantes: os Latossolos Vermelho-Escuro, os Latossolos Roxos, os Podzólicos Vermelho-Escuros e os Cambissolos.

² Distrito Meteorológico.

Quanto ao regime dos rios, Casseti (1979, p.42), ao avaliar regionalmente os elementos meteorológicos, a vegetação e a própria estrutura em seus efeitos, afirma que a vegetação e o solo proporcionam algumas interferências. Considerando o domínio dos solos permeáveis, por vezes de grandes profundidades, e da cobertura vegetal, caracterizada pelo cerrado, admite-se uma certa compensação entre a infiltração e o escoamento, dependendo das condições topográficas. Enquanto nas topografias horizontalizadas, evidencia-se um balanço hídrico positivo, favorecido pela componente perpendicular, nas áreas de maiores declives o escoamento supera a infiltração, o que é corroborado pela fisionomia da vegetação.

A área da pesquisa compreende duas pequenas bacias de 2ª ordem situadas na vertente esquerda do Córrego Taquara II e compõe a Bacia do Paraná. A sub-bacia com vegetação nativa possui 32 ha de área de drenagem e expressiva mata galeria margeando o curso d'água. Partindo da mata galeria às extremidades da sub-bacia a vegetação apresenta gradativa transição para cerradão em função da variação das características do solo, de sua umidade e do relevo. A topografia é medianamente acentuada, sob solo cambissolo cascalhento e apresenta amplitude topográfica de 76 metros. Trata-se de uma área averbada como Reserva Legal pela Copebras, sendo também explorada para fins de pecuária extensiva. A sub-bacia com *Eucalyptus urophylla* tem 24 ha de área de drenagem e amplitude topográfica de 60 m. O curso d'água é margeado por fragmentos de mata ciliar que ocupam a área de preservação permanente. As demais características físicas são semelhantes às da sub-bacia com vegetação nativa.

3. METODOLOGIA

A realização do balanço de massas, para determinação da taxa média anual de evapotranspiração nas sub-bacias e sua comparação com aquela obtida pelo balanço hídrico regional, deve ser feita com base em uma série hidrológica de dados de vazão e precipitação. Para coleta dos dados de vazão instalaram-se duas estações linimétricas, sendo uma em cada sub-bacia, compostas por um poço tranquilizador de fluxo, régua linimétrica e linígrafo. Um elemento chave da estação linimétrica é a parede frontal de concreto, a qual é assentada sobre a camada de impedimento, e onde é instalado o vertedor. O registro contínuo da variação da altura da lâmina d'água no vertedor e da temperatura da água do riacho é obtido por um linígrafo digital (*levellogger*) instalado no poço tranquilizador de fluxo, ligado por vasos comunicantes à caixa de sedimentação anexa ao vertedor. Os dados registrados automaticamente passam por um processo de tabulação para

o cálculo da vazão e do deflúvio, a partir da determinação da curva-chave dos vertedores. A equação de vazão apresentada por Lobo (2003) já define a vazão total a partir de um único registro de nível d'água, válido para as duas estruturas. A equação de vazão é: $Q = 1,39 * [h^{2,50} - (h - 0,500)^{2,50}] + 2,34 * (h - 0,500)^{1,50}$, em que h é o nível d'água (m) e Q é a vazão total (m³/s).

Além da vazão, as sub-bacias estão equipadas com uma rede de 06 pluviômetros para a quantificação da precipitação média nas sub-bacias, dois dos quais são registradores (pluviógrafos). Para registro da variação da água subterrânea foram construídos quatro poços piezométricos, sendo dois em cada sub-bacia e perfurados em alturas diferentes da vertente: um próximo ao canal e outro próximo ao divisor topográfico.

A coleta dos dados abrangeu um período de 36 meses para as medições do deflúvio e da precipitação. Através da análise comparativa da precipitação e do deflúvio anual entre as sub-bacias, será apresentada a caracterização das mesmas, buscando-se quantificar o balanço hídrico local (Balanço de Massas ou Hidrométrico) e regional (Balanço Hídrico de Thornthwaite e Mather, 1965). Com estes dados será então possível quantificar as perdas médias de sólidos totais e identificar a tendência sazonal dos fluxos dos nutrientes avaliados. Para a caracterização hidrogeoquímica coletaram-se alíquotas de água da chuva e do deflúvio. A coleta de amostras de água do deflúvio, para fins de determinação da qualidade da água, das perdas de sedimentos (erosão física) e da concentração de nutrientes é feita manualmente e mensalmente nas sub-bacias, armazenadas em geladeira e transportadas para o Laboratório de Ecologia Aplicada, do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. A integração das concentrações de nutrientes na água da chuva e do riacho ao longo de um dado período permitirá, por sua vez, quantificar as entradas e as perdas de nutrientes pela sub-bacia, em termos de densidade de fluxo, necessária para a quantificação biogeoquímica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a caracterização do regime pluviométrico regional utilizaram-se dados do período de 1961 a 1990 coletados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A Figura 1 mostra o Balanço Hídrico Normal para Catalão (Estação 83526–INMET) segundo metodologia aplicada por Thornthwaite e Mather (1965), considerando uma Capacidade de Armazenamento de Água (CAD) no solo de 100 mm para uma altitude de 840 m.

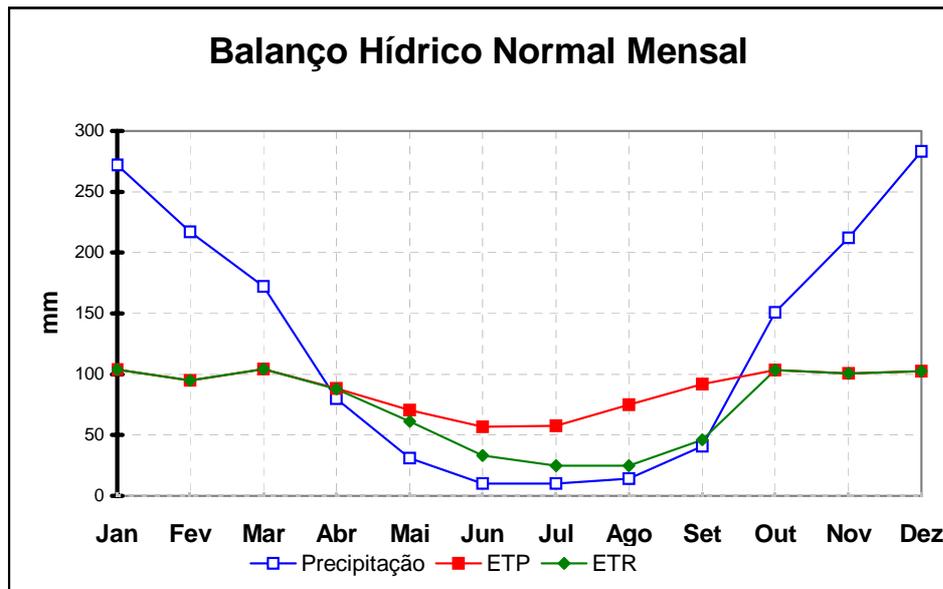


Figura 1. Balanço Hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1965).

O Balanço Hídrico mostra uma precipitação anual da ordem de 1493 mm, sendo que 1050 mm retornam ao ciclo hidrológico na forma de evapotranspiração.

O extrato do Balanço Hídrico Mensal (Figura 2) mostra acentuada deficiência de água no período de maio a setembro, somando 162 mm e um período com excedente de 605 mm, entre novembro a março.

Os dados coletados nos pluviógrafos e pluviômetros distribuídos nas sub-bacias registraram, para o período de março de 2003 a fevereiro de 2004, uma precipitação média total de 1.247,8 mm.

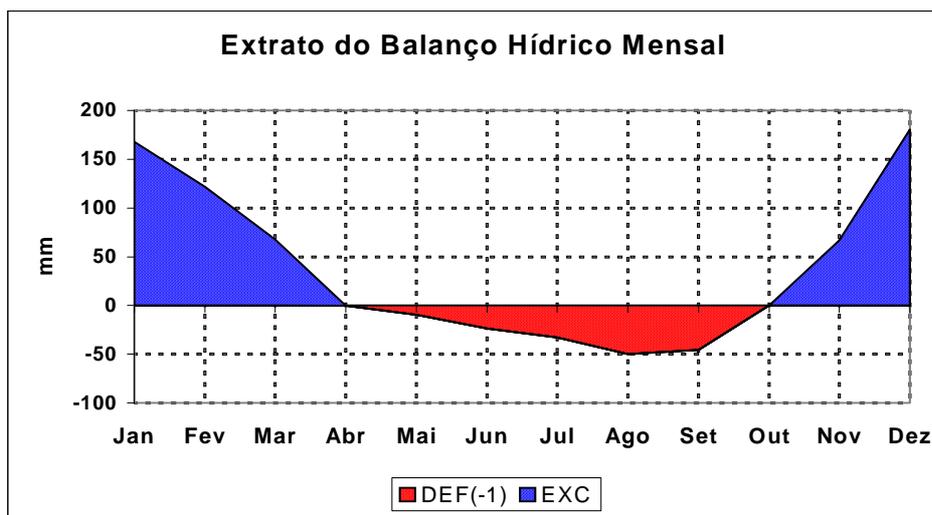


Figura 2. Extrato do Balanço Hídrico Mensal segundo Thornthwaite e Mather (1965).

Foi possível também verificar o comportamento da umidade relativa do ar para o período, que atingiu valores mais baixos (39 %) em julho e agosto de 2003. O mês de março de 2003 apresentou o valor mais elevado, 70% (Figura 3).

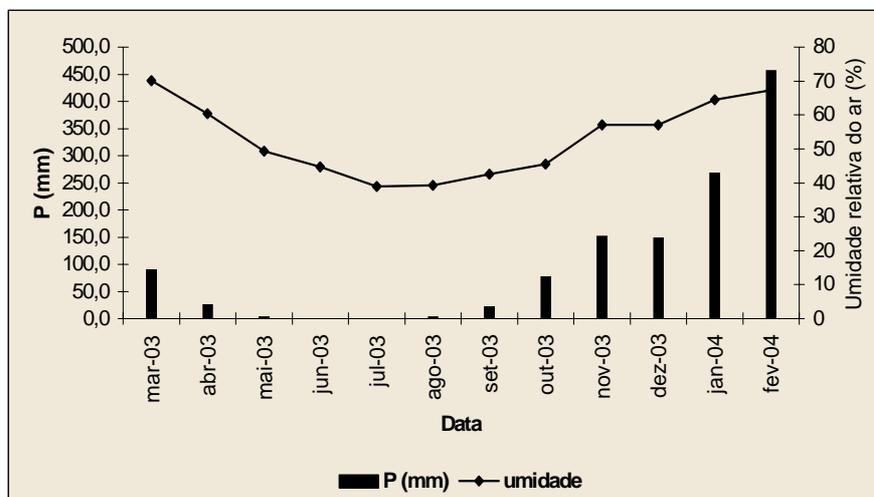


Figura 3. Precipitação média mensal e umidade relativa do ar.

Para os dados de qualidade da água foram considerados os meses de fevereiro, março, abril, maio, junho e agosto de 2003 e, no ano de 2004, os meses de maio, julho, agosto, setembro, outubro e novembro. Os parâmetros determinados nas duas sub-bacias para efeito deste trabalho foram turbidez (Figura 4), pH (Figura 5), cor aparente (Figura 6), sedimentos (Figura 7). Os dados de precipitação são apresentados para os meses de março de 2003 a julho de 2004, sendo observada ausência de precipitação nos meses de junho e julho de 2003.

Os elevados valores de turbidez verificados na sub-bacia com vegetação nativa se devem a alta concentração de matéria orgânica, folhas e restos vegetais, em decomposição encontradas em todo o canal do riacho. Isso afeta também os valores de cor aparente e sedimentos em suspensão. O valor limite estabelecido é de até 100 UNT (MOSCA, 2003, p.62).

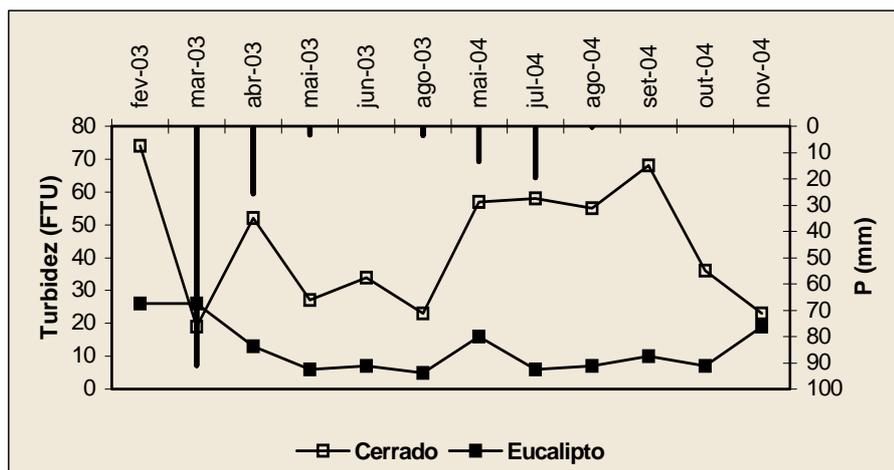


Figura 4. Valores de turbidez nas sub-bacias estudadas e precipitação.

Arcova e Cicco (1999) ao avaliarem a qualidade da água do deflúvio em quatro microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha (SP), observaram valores médios de turbidez variando de 10,6 a 5,1 (FTU) para sub-bacias com floresta de Mata Atlântica e valores de 11,6 e 11,8 (FTU) nas sub-bacias onde predominam atividades de agricultura e pecuária, respectivamente. O potencial Hidrogeniônico varia entre 0 a 14, sendo o pH 7 uma condição neutra. Águas não poluídas apresentam pH entre 6,5 a 8,5. Os resultados até então observados mostram um pH mais alcalino para a sub-bacia com eucalipto, indicando ausência de poluição. A sub-bacia com cerrado apresenta valores mais ácidos e pouco abaixo do esperado para águas não poluídas.

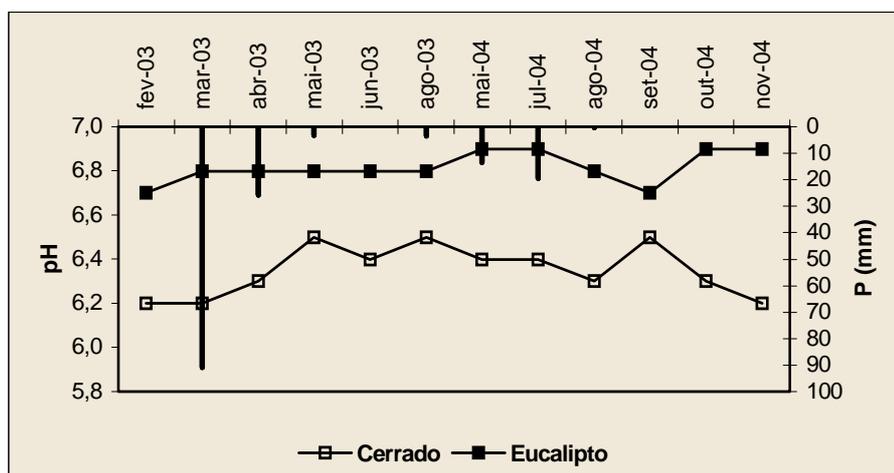


Figura 5. Valores de pH nas sub-bacias estudadas e precipitação.

A coloração das águas naturais varia entre 0 e 200 unidades. Acima disso, indicam alto teor de matéria orgânica dissolvida. Valores abaixo de 5 unidades são encontrados em águas muito limpas. No Brasil se aceita para água bruta, antes do tratamento para distribuição, valores de até 75 mg Pt/l. Minerais naturais como hidróxido de ferro e

substâncias orgânicas como ácidos húmicos dão a cor real para a água. A cor aparente é causada por partículas coloridas e a refração e reflexão da luz nos particulados suspensos.

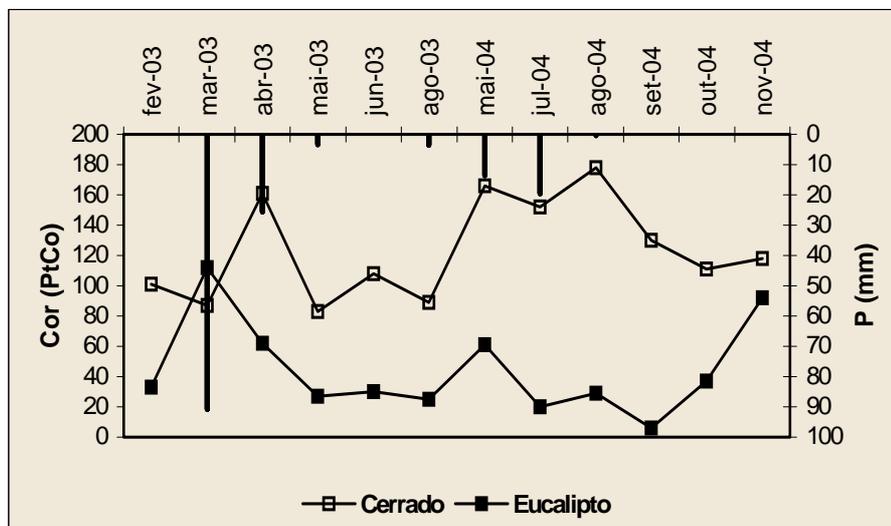


Figura 6. Valores de cor aparente da água nas sub-bacias estudadas e precipitação.

Observam-se valores extremamente elevados para a sub-bacia com cerrado. Esse resultado, embora pareça contraditório, indica exatamente a estabilidade do ecossistema devido à presença de hidróxido de ferro e substâncias orgânicas, característica de cursos de água de 1ª e 2ª ordem em região de cerrado, em função da decomposição da matéria orgânica proveniente da queda de folhas da mata galeria e dos solos ricos em ferro. Os valores elevados não se repetem na sub-bacia com eucalipto justamente pela ausência de uma mata galeria expressiva aliada a uma maior velocidade de escoamento fluvial e superficial.

Os sedimentos são os principais poluentes associados às operações florestais. Pesquisas realizadas em sub-bacias (Vital, 1996; Câmara, 1999; Câmara e Lima, 1999) indicam o aumento da concentração de sedimentos após o corte da floresta. A construção de estradas e o preparo intensivo do solo também têm grande potencial para causar erosão e sedimentação dos cursos d'água.

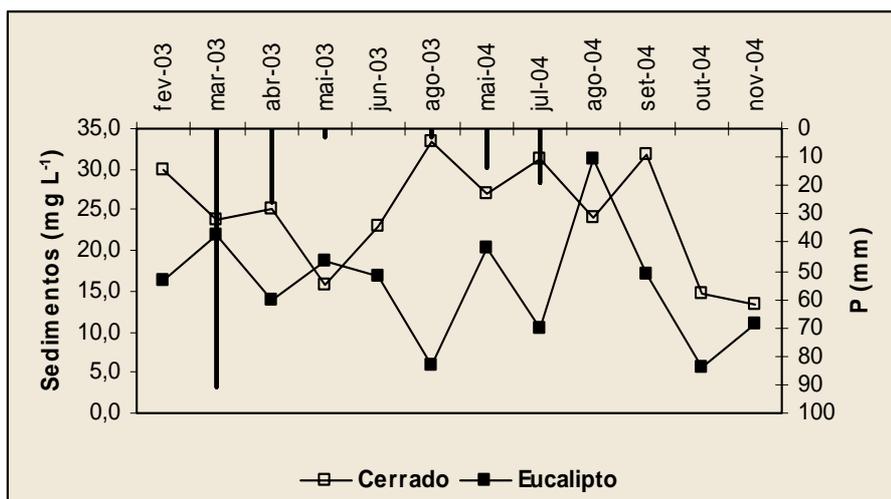


Figura 7. Valores de sedimentos nas sub-bacias estudadas e precipitação.

Os valores de sedimentos para a sub-bacia com cerrado, embora elevados, explicam-se por conta das características da própria bacia citadas anteriormente. Quanto aos índices observados na sub-bacia com eucalipto (5,0 a 33 mg/l), os valores estão associados a operações de manejo florestal e a existência de uma área que serve como caixa de empréstimo de cascalho localizada na parte alta da bacia. Ficando a cargo do escoamento superficial o carregamento desses sedimentos para os fundos de vale até o vertedor. Em solo altamente arenoso e susceptível a erosão, no município de Bofete (SP), Mosca (2003) observou para sub-bacias com eucalipto e pasto valores médios de 135,6 (mg/l) e 4.272,6 (mg/l), respectivamente.

De um modo geral, para todos os parâmetros analisados, com exceção do pH, os valores encontrados na sub-bacia com cerrado foram ligeiramente superiores. A análise fica limitada pela ausência dos dados de vazão e por falhas na série dos dados de precipitação, que ainda estão sendo tratadas estatisticamente.

5. CONCLUSÕES

O período de maio a setembro deve ser observado com cautela ao planejar a implantação de um projeto florestal por conta do baixo índice ou ausência de precipitação. É, também, o período de menor vazão dos cursos d'água associada a uma taxa de evapotranspiração mais ou menos constante. Conforme o tipo de manejo, a densidade de árvores e a disponibilidade hídrica regional as observações na literatura pertinente mostram que impactos ambientais negativos podem ocorrer em escalas diferenciadas. Os parâmetros selecionados para a avaliação do uso da terra nas sub-bacias mostraram-se eficientes indicadores da 'saúde' dos ambientes, embora necessite de uma análise integrada de todas

as variáveis monitoradas relativas à qualidade e quantidade de água, estrutura das formações florestais, tipos de solo e características das vertentes, o que será possível ao término da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCOVA, F.C.S. Balanço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar. Piracicaba, 1996. 130 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. de. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, n.56, p.125-134, dez. 1999.

CÂMARA, C.D. Efeitos do corte raso do eucalipto sobre o balanço hídrico e a ciclagem de nutrientes em uma microbacia experimental. Piracicaba, 1999. 75 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CÂMARA, C.D.; LIMA, W. de P. Corte raso de uma plantação de *Eucalyptus saligna* de 50 anos: impactos sobre o balanço hídrico e a qualidade da água em uma microbacia experimental. **Scientia Forestalis**, n.56, p.41-58, dez.1999.

CASSETI, Valter. Síntese analítica das bases físicas do Estado de Goiás. Goiânia, Fundação Indur, 1979. 117p. (Coleção Monografias da Fundação Indur, 1).

FERREIRA, Idelvone Mendes. Relações Morfopedológicas em Formações Superficiais de Cimeira - o exemplo do complexo dômico de Catalão-GO. Dissertação (Mestrado). Salvador, Bahia, UFBA: 1996.

GADOTTI, Moacir. **Pedagogia da Terra**. São Paulo: Peirópolis, 2000. (Série Brasil cidadão).

KLEIN, Percy Boris Wolf. A Evolução do Uso do Solo e suas Conseqüências para o Meio Ambiente na Região do Complexo Ultramáfico-Alcalino-Carbonatítico de Catalão I. Dissertação (Mestrado). Brasília, UNB: 1996.

LIMA, Walter de Paula. **Impacto Ambiental do Eucalipto**. 2ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996.

LOBO, Gré. Projeto Técnico de Construção e Instalação dos Vertedores. Goiás, 2003. (Documento técnico não publicado).

MOSCA, Andréia Arruda de Oliveira. Caracterização Hidrológica de duas Microbacias visando a Identificação de Indicadores Hidrológicos para o Monitoramento Ambiental de Florestas Plantadas. (Dissertação de Mestrado), ESALQ/USP, Piracicaba, 2003. 101p.

VITAL, A.R.T. Efeitos do corte raso no balanço hídrico e na ciclagem de nutrientes em uma microbacia reflorestada com eucalipto. Piracicaba, 1996.106p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.