

# ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO E DA DESCARGA SÓLIDA DA BACIA DO RIO DOCE EM JATAÍ GO

*Susy Ferreira Oliveira Cordeiro<sup>1</sup>; João Batista Pereira Cabral<sup>2</sup>*

## RESUMO

Este trabalho foi realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Doce em Goiás, a região se encontra sob uso predominante da agricultura, pecuária e indústria sofrendo degradação devido a intensa ação antrópica e uso inadequado do solo provocando erosões em solos férteis. O objetivo deste estudo foi analisar dados de concentração de sedimentos em suspensão (CSS) em cinco pontos distintos da Bacia do Rio Doce, métodos descrito em Wetzel e Likens (1991). foi analisado também a descarga sólida em suspensão ( $Q_{ss}$ ), em único ponto da bacia hidrográfica, utilizou-se o método de Colby. De acordo com os dados com o pontos de amostragem 2 é o que apresenta os maiores valores de CSS, sendo os meses de dezembro e fevereiro os maiores índices de CSS, a  $Q_{ss}$  teve uma grande variação entre o período de seca e chuvoso.

## ABSTRACT

### ANALYSIS OF THE CONCENTRATION OF SUSPENDED SEDIMENT DISCHARGE AND SOLID SWEET RIVER BASIN JATAÍ GO

This work was carried out in the Rio Doce basin, Goiás state, the region is under the predominant use of agriculture and industry suffering degradation due to intense human action and inadequate soil erosion resulting in fertile soils. The aim of this study was to analyze data for suspended sediment concentration (CSS) at five different points of the Rio Doce Basin, methods described in Wetzel and Likens (1991). was also examined to discharge solid matter ( $Q_{ss}$ ), single point in the watershed, we used the method of Colby. According to the data with the two sampling points is the one with the highest values of CSS, with the months of December and February the highest levels of CSS, the  $Q_{ss}$  had a large variation between the dry season and rainy.

**KEYWORDS:** suspended sediment concentration, discharge solid, the flow

**PALAVRAS-CHAVE:** concentração de sedimentos em suspensão, descarga sólida, vazão

## 1 INTRODUÇÃO

O fluxo de sedimentos constitui característica que expressa a funcionalidade hidrológica e o comportamento do processo erosivo nas bacias hidrográficas. Desta forma, o estudo da dinâmica

---

1 – aluna pós-graduação lato sensu – Universidade Federal de Goiás - Campus Jataí, Rua Riachuelo 1530, Setor Samuel Graham, 6436068136, susyufg@yahoo.com.br

2 – professor adjunto - Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí, Rua Riachuelo 1530, Setor Samuel Graham, 6436068136, jbcabral2000@yahoo.com.br

sedimentar em determinado canal corrobora com a análise das bacias hidrográficas para aplicações diversas, tais como o planejamento ambiental (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Segundo Tucci (2000), o Ciclo Hidrossedimentológico envolve o deslocamento, o transporte e o depósito de partículas sólidas presentes na superfície da bacia, sendo este intimamente ligado ao ciclo hidrológico. Canais fluviais são abastecidos pelo lento escoamento do lençol freático, sendo estes abastecidos por águas pluviais infiltradas no solo ou na rocha, ou diretamente pelo escoamento superficial das águas pluviais. Estas formas de escoamento podem ser vistas como meio de dissipação de energia da qual a água esta provida, ao se deslocar horizontalmente e verticalmente, sob ação da força gravitacional.

Foi possível através deste trabalho diagnosticar a concentração de sedimentos em suspensão (CSS) em mg/L e a descarga sólida em suspensão, que é o transporte de total de sedimentos medidos através do método de Colby utilizando a Vazão (Q), a concentração de sedimentos e o fator de transformação das unidades, chegou-se aos valores sólidos transportados diariamente pelo rio Doce no ponto de análise 3.

Valores como descarga sólida em suspensão, concentração de sedimentos em suspensão e outros parâmetros derivados dos estudos hidrossedimentológico, como produção de sedimentos e uso do solo, gradação de leito de rios ou a degradação desses leitos são de aplicação em muitas áreas de estudos, como, por exemplo:

- O conhecimento da descarga solida em suspensão e da concentração é muito importante nos estudos de tratamento d`água para abastecimento e em estudos ambientais ligados a fauna e a flora fluvial;
- A concentração e descarga em suspensão são importantes em estudos de irrigação;
- Descarga de sedimentos em suspensão (t/dia), concentração de sedimentos em suspensão e parâmetros derivados de estudos são importantes na preparação do diagnóstico sedimentológico de uma bacia.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

A presente pesquisa teve como objetivo analisar a concentração de sedimentos em suspensão, e a descarga sólida em suspensão da Bacia do Rio doce – GO ao longo do curso principal em cinco diferentes pontos na bacia. As coletas de materiais foram feitas durante seis meses.

Analisar o transporte de sedimentos em suspensão na Bacia Hidrográfica do Rio Doce – GO.

## **2.2 Objetivo Especifico**

Verificou-se a concentração de sedimentos em suspensão de acordo com o método de Wetzel e Likens.

Calcular a descarga sólida de sedimentos ( $Q_{ss}$ ) em um ponto de amostragem da bacia do rio Doce.

## **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 Bacia Hidrográfica**

De acordo com Santos (2004), o termo bacia hidrográfica é comumente usado porque constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes, onde as interações, pelo menos físicas, são integradas e, assim, interpretadas.

Segundo Leite e Rosa (2010), nas definições encontradas na sua maioria, observa-se a presença de um canal principal que recebe a água, fruto do escoamento superficial, podendo ser um córrego (micro bacia) ou um rio (bacia), variando apenas na forma de expressão. Nota-se também que em muitas definições apresentadas enfatiza-se o fato destas águas convergirem para um ponto em comum.

Silva *et al.* (2004) afirmam que bacia hidrográfica ou bacia de drenagem é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial.

Segundo Tundusi e Tundusi (2008), rios são sistemas de transporte de matéria orgânica e inorgânica que deriva da erosão das margens e dos processos de erosão da bacia hidrográfica. A deposição de sedimentos erodidos das margens ou proveniente da erosão de solo nas bacias hidrográficas ocorre nas diversas regiões dos rios, especialmente nas áreas de várzeas, em remansos e zonas de baixa velocidade.

Segundo Tundusi e Tundusi (2008), os rios e riachos nas bacias hidrográficas são classificados de acordo com a sua ordem. Os pequenos riachos são de primeira ordem, quando dois pequenos riachos de primeira ordem se juntam, tornam-se um riacho de segunda ordem e assim sucessivamente.

### **3.2 Produção de sedimentos**

Tucci (1997) afirma que a qualidade da água de mananciais que compõem uma bacia hidrográfica está relacionada com o uso do solo na bacia e com o grau de controle da fonte de poluição.

Segundo Bordas e Semmelmann (1993) a água interceptada pela bacia hidrográfica, no seu movimento de saída desta, flui sobre ou dentro das rochas e/ou os solos que revestem as vertentes e as calhas da rede de drenagem. O caminho que a água fará e sua velocidade será determinada pelos obstáculos que ela encontrará estes, que serão também responsáveis pela dissipação de boa parte da energia de que está provida ao propiciar que partículas sólidas sejam removidas e transportadas na vertente ou rio abaixo.

De acordo com Costa (2003), a produção de sedimentos na bacia hidrográfica, vem sendo estudada a longo tempo e atualmente são bem conhecidos os processos e a maneira que são formados os sedimentos que se originam na bacia. E um dos processos mais importantes na formação de sedimentos na bacia é o de erosão que atua nas vertentes. Erosão é o processo de intemperização e remoção de rochas e solo por meio de agentes naturais como o escoamento superficial, o vento, etc e também por ações antrópicas.

Os processos sedimentológicos fluviais incluem: remoção, transporte e deposição das partículas de rocha alterada, envolvendo toda a dinâmica da bacia de drenagem. Os deslocamentos dos sedimentos acabam provocando o remanejo e a redistribuição pela bacia de ponderáveis massas de partículas sólidas, a ponto de poderem alterar o ciclo hidrológico e afetar o uso, a conservação e a gestão dos recursos hídricos.

Segundo Silva (2007), o processo erosivo pode ser provocada por diversos agentes, sem a interferência antrópica, tais como as águas pluviais e fluviais (erosão hídrica), ventos (erosão eólica) e ondas (conjunto de vento e água).

Silva (2007), também afirma que a erosão hídrica é o tipo de erosão mais importante e preocupante, pois desagrega e transporta o material erodido com grande facilidade, principalmente em regiões de clima úmido, onde seus resultados são mais drásticos.

Segundo Silva *et al.* (2004), erosão hídrica pode se processar na forma laminar caracterizada por remover camadas finas e relativamente uniforme do solo pela precipitação pluvial e pelo escoamento superficial, linear quando ocorre a formação de canais de frequência e dimensões variadas conforme o relevo, o solo, a intensidade da chuva.

Outra forma de erosão hídrica citada por Silva *et al.* (2004), é através de deslizamento coletivo do solo e também de fragmentos rochosos, com deslocamento por gravidade, em épocas de fortes curvas continuadas de grandes postas de terreno, a erosão de canais é importante para a formação de novos canais fluviais.

Uma das principais formas da erosão por águas pluviais é a desagregação das partículas do solo e seus arraste por escoamento superficial difuso (laminar).

O impacto das gotas de chuva tende a romper os agregados em partículas menores, capazes de ser arrastadas pelo escoamento em superfície (Bigarella & Mazuchowski 1985). Nos terrenos descobertos, principalmente em declive, as chuvas intensas provocam um grande movimento nas partículas ladeira abaixo. As gotas de chuva ao caírem sobre finas lâminas de água removem partículas do terreno, fazendo com que este líquido torne-se argiloso. As partículas de solo são removidas por filetes interligados, que às vezes não deixam marcas perceptíveis na área.

O transporte de sedimento pode causar, pelas partículas em suspensão, a degradação da qualidade de água para os usos humanos (consumo, atividade industrial e agrícola, além da recreação); além de impedir a penetração da luz e calor, reduzindo a atividade da fotossíntese necessária à salubridade dos corpos de água e alterar a vida aquática. Ainda, o sedimento do leito pode prejudicar a navegação ou elevar o nível de água provocando enchentes locais mais frequentemente. No entanto, existe um efeito benéfico. Por exemplo, os sedimentos carregam nutrientes, fertilizando terras já formadas e ainda, dependendo da concentração de sedimentos, permite transportar microrganismos ou matéria orgânica que melhora a fauna fluvial, conforme Carvalho (1994).

A carga sólida em suspensão, segundo Silva *et al.* (2004), são as partículas suportadas pelos componentes verticais das velocidades do fluxo turbulento, enquanto estão sendo transportadas pelas componentes horizontais dessas velocidades, sendo suficientemente pequenas para permanecerem em suspensão, subindo e descendo na corrente acima do leito.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1990), a erosão acelerada ou induzida é muito mais rápida que a natural primariamente como resultado da influência das atividades humanas ou em alguns casos de animais. É entendida como o processo do desprendimento de partículas do solo

causado pela água e/ou pelo vento e constitui, sem dúvida, a principal causa do depauperamento acelerado das terras.

De acordo com Santos et.al. (2001), a descarga sólida pode ser calculada pelo produto da concentração média de sedimentos em suspensão pela vazão medida no momento da amostragem.

A determinação da descarga sólida total é necessária para vários estudos sedimentológicos, entre eles o assoreamento de rios e reservatórios, e é feito a partir de valores em medições da descarga de sólidos em suspensão.

Segundo Carvalho 1994, processos de cálculo mais comumente utilizados são o método modificado de Einstein, que exige a amostragem dos sedimentos em suspensão e do leito do rio, e o método simplificado de Colby, exige somente amostragem do sedimento em suspensão para efetuar o cálculo da descarga total de sedimentos, e é considerado menos confiável que o método modificado de Einstein.

Ainda, Vanzela (2004), observou em seus estudos que a distribuição de sedimentos no tempo está relacionada ao comportamento da vazão, ou seja, os maiores volumes de sedimentos são transportados pelas maiores vazões. Daí uma relação proporcional entre vazão e descarga sólida total.

### **3.3 Solo**

Os Latossolos são profundos, bem drenados, com alto grau de intemperização e ocorrem em relevos plano e suave-ondulado, possuindo propriedades físicas favoráveis à utilização agrícola.

Os Neossolos Quartzarênicos são profundos, originados do produto da meteorização física do arenito da Formação Vale do Rio do Peixe. Apresentam baixa fertilidade natural, sendo de moderada a fortemente ácidos, com baixa retenção de umidade excessivamente drenada é restrito à pecuária com aproveitamento das espécies nativas (no passado) ou plantio de pastagens com capim brachiária (atualmente).

### **3.4 Vegetação**

Segundo Silva, Schulz e Camargo (2004), a cobertura sobre o solo é de grande importância na prevenção e controle da erosão e dos agravamentos do processo erosivo, servindo como proteção do solo, em condições naturais as copas das árvores e a serapilheira de uma vegetação funciona como “amortecedor” das gotas d’ água. Sendo que qualquer tipo de corpo vivo ou não constitui-se em cobertura do solo.

A cobertura vegetal é um fator importante na manutenção dos recursos naturais renováveis. Além de exercer papel essencial na manutenção do ciclo da água, protege o solo contra impacto das gotas da chuva, aumentando a porosidade e a permeabilidade do solo através da ação das raízes reduzindo o escoamento superficial, mantendo a umidade e a fertilidade do solo pela presença de matéria orgânica, etc..

De acordo com a EMBRAPA (1999) os argissolos são constituídos de material mineral, com profundidade variável desde forte a imperfeitamente drenado, com textura que varia de arenosa a argilosa no horizonte A, e de média a muito argilosa no horizonte B textural (Bt).

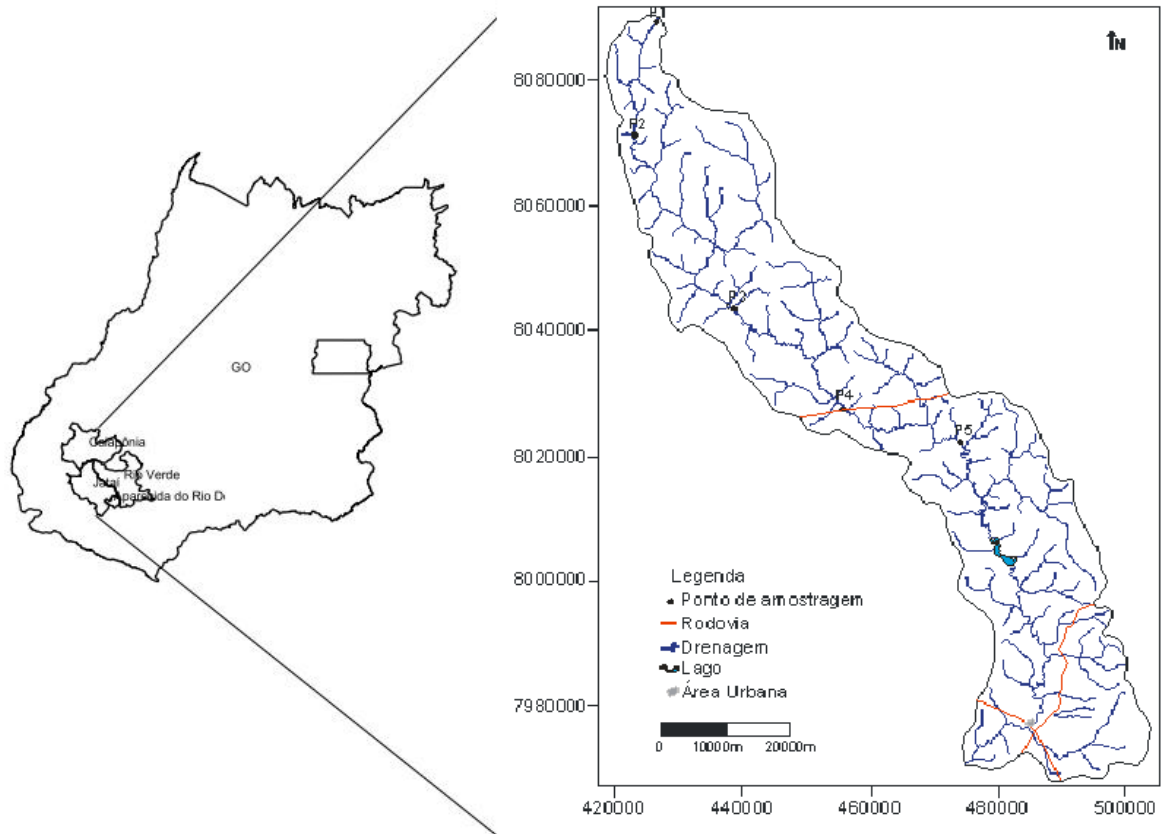
Os gleissolos compreendem solos heteromórficos, com presença de horizonte glei dentro dos primeiros 50 cm de profundidade ou entre 50 e 125 cm caso seja encontrado, em condições naturais são solos mal ou muito mal drenados, característicos por forte gleização.

## **4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **4.1 Área de estudo**

A bacia do Rio Doce esta localizada nos municípios de Jataí, Rio Verde, Caiapônia e Aparecida do Rio Doce, nos limites latitudinais de 8095415 e 7954415 Sul e longitudinais de 410000 e 505000 Oeste. O local de coleta de material na estação Hidrológica Rio Doce encontra-se na latitude 8045993,117 E e longitude 434007,896 N a 789 metros de altitude (Figura 1).

A vegetação da área de estudo em faixas de mata ciliar e de galeria, todas oriundas dos resquícios de cerrado devastado e substituído por lavouras e pastagem.



**Figura 1:** Mapa de localização da Bacia do Rio Doce

Em relação aos solos, são predominantes na área de estudo, (Figura 2) os Latossolos Vermelho de textura média e os Neossolos Quartzarênicos, ambos distróficos, isto é, solos cuja saturação de bases é inferior a 50% (EMBRAPA, 1999). Em menores proporções aparecem os argissolos e gleissolos.

A ocupação da área de estudo é demonstrada no mapa de uso da terra (Figura 3) com áreas ocupadas pela vegetação, silvicultura, pastagem, culturas de ciclo curto, lavoura de soja, milho e sorgo, e cana-de-açúcar.

Das diferentes formas de fisionomias encontradas na bacia, merecem destaque as culturas, com destino a produção industrial, como a cana-de-açúcar, figura 3 (Foto A), para a produção de etanol e açúcar, silvicultura com o plantio eucalipto, figura 3 (Foto B), para a produção de carvão vegetal, papel e celulose.

As pastagens também têm papel significativo na economia local, especialmente porque é destinada à criação de gado, figura 3 (Foto C), denominada criação extensiva.



A soja e umas das produções de monoculturas de grãos encontradas ao longo de quase toda bacia do rio Doce, figura 3 (Foto E), seguidas pelo cultivo de milho, sorgo, feijão e outras cultivos.

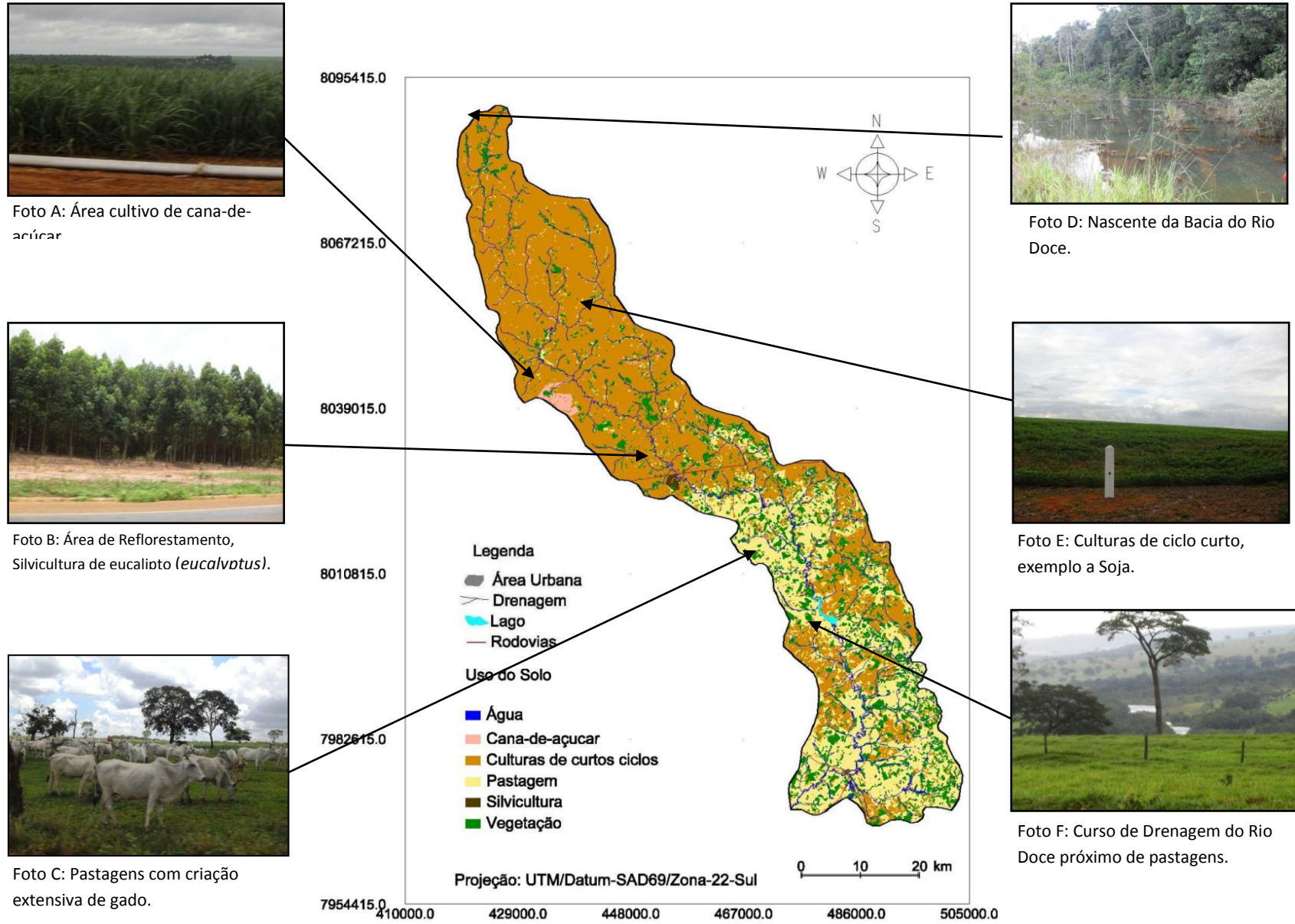
A soja e o milho se tornam quase predominante em termos de ocupação, sustentando uma economia baseada em Complexo-Agroindustrial (CAI), como sendo marca característica do processo de industrialização da agricultura de acordo com Graziano da Silva (1998). Ribeiro (2005) enfatiza em seu trabalho as instalações de CAIs (Complexo-Agroindustriais) juntamente com a produção de monoculturas, como se detecta na área da bacia hidrográfica do rio Doce.

Segundo Silva *et al.* (2004), afirmam que o clima exerce grande influência no processo erosivo sob várias formas, por intermédios de agentes como o vento, a chuva, a neve e seu consequente degelo, entre outros agentes não tão comuns.

O clima da região é classificado como *Awa*, tropical úmido de Savana, mesotérmico, com chuva no verão e seca no inverno, conforme a classificação de Köppen. Porém, aplicando-se a classificação de Thornthwaite (1955) *apud* Assunção *et al.* (1999) identificaram no município de Jataí, dois tipos climáticos (Megatérmico e Mesotérmico).

As altas médias pluviométricas anuais de Jataí variam de 1000 a 1600 mm, e a amplitude térmica média anual é relativamente baixa (6,2°C), com temperatura variando entre 18,2°C no mês de julho e 24,4°C no mês outubro (Assunção *et al.* 1999). Os maiores índices pluviométricos registrados no município de Jataí, acima de 1600 mm, não se apresentam de forma contínua, mas, sim em "ilhas" dispostas ao longo de um pseudocinturão, no sentido sudoeste-nordeste, e pontos isolados ao norte e a noroeste.

De acordo com estudo realizado, a região possui duas estações climáticas bem distintas, sendo um período chuvoso (de outubro a março) e outro mais seco (abril a setembro). A média anual de precipitação varia de 1319 mm a 1652 mm, para o município de Jataí - GO.



**Figura 2:** Mapa de uso do solo gerado a partir do mapeamento da imagem Landsat 5 TM (2008) e suas respectivas ocupações. Fonte ROCHA 2010

## 5 MATERIAIS E METÓDOS

Foram coletados amostras de água, para serem analisadas em laboratório em 5 pontos do Rio Doce, em todos os materiais coletados foram calculados a concentração de sedimentos em suspensão, somente no ponto 3 foi possível o cálculo da descarga sólida em suspensão devido os dados de vazão serem somente deste ponto.

As coletas de material foram realizadas nos mês de julho, outubro e dezembro de 2009, fevereiro, abril e junho de 2010.

A concentração do material em suspensão na água foi determinada de acordo com o método gravimétrico descrito em Wetzel e Likens (1991). As amostras de água foram passadas em filtros GFC e pesados em balança analítica. Os filtros foram secos em estufas a 60 °C por 24 h, obtendo-se o segundo peso e após foram calcinados a 550 °C. Por diferença de pesagem, obtém-se a concentração de sedimentos em suspensão.

As concentrações de sedimentos em suspensão foram determinadas por intermédio da equação:

$$(1)$$

Onde:

C.S.S. = Concentração de sedimentos em suspensão ( $\text{mg.L}^{-1}$ );

P1 = peso inicial do filtro (g);

P2 = peso do filtro com material coletado após secagem em estufa (g);

V = volume de água utilizado para filtração (L)

1000 = fator conversão para miligramas

Para a determinação da concentração de sedimentos em suspensão, foi coletado 500 mL de água em cada amostragem. A água foi filtrada utilizando-se uma bomba de sucção a vácuo, pinças cirúrgicas, filtro de 47 microns (fibra de vidro 0,2  $\mu\text{m}$  – GF 52 – C) e um receptor da água a ser filtrada (Figuras 5). Os filtros foram aquecidos a 480 °C por uma hora para que a umidade fosse extraída, e em seguida foram pesados. Cada amostra de água foi filtrada em um par de filtros (500 ml cada), foram secados em estufa aquecida por 24 horas entre 105 a 110 °C, para a remoção da umidade e manutenção da matéria orgânica.

Após a secagem em estufa, os filtros foram novamente pesados, em balança de precisão para se quantificar os sedimentos suspenso total, e a concentração sedimentos total (CST). Após este procedimento os filtros foram levados ao forno mufla a uma temperatura de 480 °C por 4 horas, para que a matéria orgânica da amostra fosse volatilizada, obtendo-se assim a quantidade de sedimentos inorgânicos e sua concentração (CSI), por subtração, quantificou-se a matéria orgânica, por amostra, sua concentração (CSO) foi calculada.

Para a análise dos sedimentos em suspensão da bacia hidrográfica do Rio Doce, foram coletados 6 amostragens em períodos diferentes, julho, outubro e dezembro de 2009 e fevereiro, abril e junho de 2010. A medição da vazão do leito do rio cedidos pela Estação Hidrológica Rio Doce e disponibilizado no site [www.simego.sectec.go.gov.br](http://www.simego.sectec.go.gov.br) a partir destes dados o valor da concentração utilizado no calculo corresponde ao valor ao valor médio na seção, em que a descarga solida em suspensão é calculado pela equação:

$$Q_{ss} = 0,0864.Q.C. \quad (2)$$

Sendo:

$Q_{ss}$  – descarga sólida em suspensão (t/dia)

Q - vazão ( $m^3 s^{-1}$ )

C – concentração de sedimentos em suspensão (mg/L ou ppm)

0,0864 – fator de transformação de unidades

De posse dos dados obtidos na Estação Hidrológica Rio Doce e gentilmente cedido pela empresa proprietária Cosan Centro Oeste, o único ponto de medição da vazão da bacia, e falta de equipamentos para tal medição, nos demais locais, impossibilitou o cálculo da descarga sólida em suspensão de toda a bacia.

Nos demais pontos de estudo foi possível somente o cálculo da concentração de sedimentos em suspensão da bacia.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

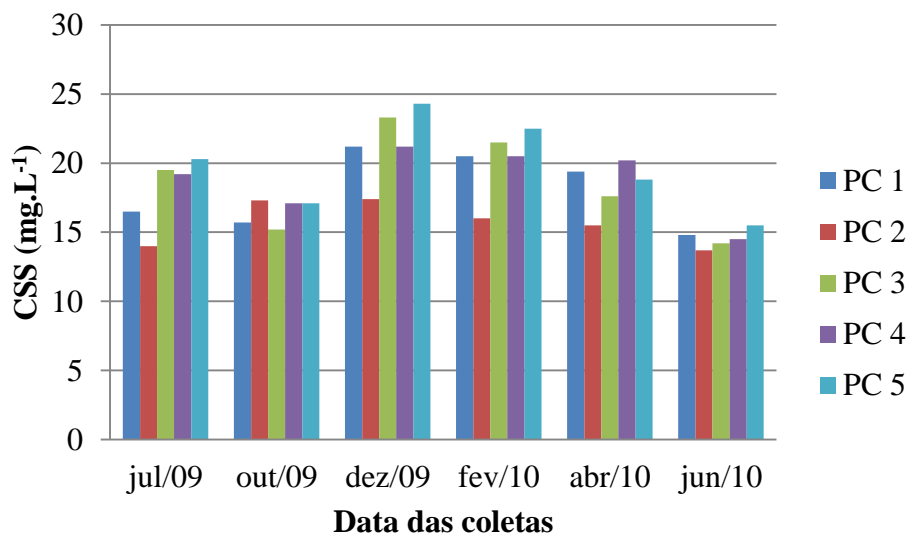
A concentração de sedimentos em suspensão (CSS) apresentou uma variação o maior valor encontrado no mês de dezembro no ponto 5 (Tabela 1), região em que o uso do solo está sendo atividade pecuária intensiva, sendo de 24,3 mg/L podendo ser justificado pelo período chuvoso da região, que devido a falta de dados de precipitação não foi possível traçar uma relação entre precipitação e a CSS e a variação do fluxo de vazão do ponto de coleta 2. De acordo com Carvalho

(2009), o maior valor de concentração de sedimentos em suspensão encontrado, em trabalho desenvolvido no médio Araguaia foi de 61,68 mg/l.

Tabela 1: Concentração de sedimentos em suspensão em todas as coletas

Ponto	Mg/L					
	jul/09	out/09	dez/09	fev/10	abr/10	jun/10
1	16,5	15,7	21,2	20,5	19,4	14,8
2	14	17,3	17,4	16,0	15,5	13,7
3	19,5	15,2	23,3	21,5	17,6	14,2
4	19,2	17,1	21,2	20,5	20,2	14,5
5	20,3	17,1	24,3	22,5	18,8	15,5

Os menores valores encontrados de CSS foram nos meses de julho 2009 e junho 2010 ficou em 14 mg/L e 13,7 mg/l, (Figura 4), consecutivamente, os dois menores valores são referentes ao ponto 2, região em que o uso do solo é a prática de atividades agrícola de ciclo curto como a lavoura de soja e milho, principalmente, no estudo realizado por Carvalho 2009 encontrou uma CSS menor na foz de um dos afluentes do rio Araguaia o Crixás-Açú 16,20 mg/l onde o valor foi associado a vazão do rio que foi a menor 1347,50 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 3:** Distribuição dos dados da concentração de sedimentos mg/L nos cinco pontos de coleta (PCs)

O ponto 1 o maior valor encontrado de CSS foi de 23,3 mg/L no mês de dezembro de 2009, o menor valor ocorreu no mês de junho de 2010 14,8 mg/L.

O menor índice da CSS de sedimentos foi o ponto 2, região em que a atividade econômica principal da região é a agrícola de ciclo curto, tal resultado é provavelmente devido a técnica do

plântio direto, atividade que assim desempenhada reduz o transporte de sedimentos para o leito do rio, por escoamento superficial, sendo este ponto de estudo demonstrando os menores índices de CSS, variando entre 13,7 mg/l no mês de junho de 2010 e 17,4 mg/ em dezembro de 2009.

Após trabalhos em campo, laboratório e escritório, sobre ponto de coleta 4, pode-se analisar a concentração de sedimentos em suspensão (CSS) no mês de dezembro foi 21,2 e mg/l, já nos meses de julho de 2009 e junho de 2010 a CSS foi de 19,2 mg/l e 14,5 mg/l consecutivamente.

O último, não menos importante, denominado ponto 5 apresentou valores de concentração de sedimentos em quase todos os meses superior aos demais postos de coleta. O maior índice foi no mês de dezembro de 2009 24,3 mg/l, o menor índice foi no mês de junho de 2010 de 15,5 mg/l

Os meses de outubro e abril foram os outros dois menores índices com 17,1 e 18,8 mg/l consecutivamente. Já os meses de julho e fevereiro foram os outros dois maiores índices com 20,3 e 22,5 mg/l sequencialmente.

O uso do solo na região é predominantemente pecuária extensiva, podendo influenciar na produção de sedimentos, a ser transportado por escoamento superficial, a partir do pisoteio do gado.

### **6.1 Descarga sólida suspensão (t/dia)**

O ponto 3 foi o único com medição de vazão, pois a Estação Hidrológica do Rio Doce, foi instalada nesse setor pela empresa Cosan, que possibilitou assim o cálculo da descarga sólida em suspensão (t/dia), foi possível perceber que a maior vazão ocorreu no mês de fevereiro de 2009 chegando a 28,73 m<sup>3</sup>s e a menor foi nos meses de julho de 2009 e junho de 2010 com 6,31 m<sup>3</sup>s.

O mês de dezembro foi registrado a segunda maior vazão, conforme tabela 2, com 26,32 m<sup>3</sup>s, entre os seis meses de coleta de dados o que ficou com a terceira maior vazão foi o mês de abril de 2010, com 15,77 m<sup>3</sup>s e subsequente ao mês de abril foi o mês de outubro de 2009 com a vazão de 10,91 m<sup>3</sup>s.

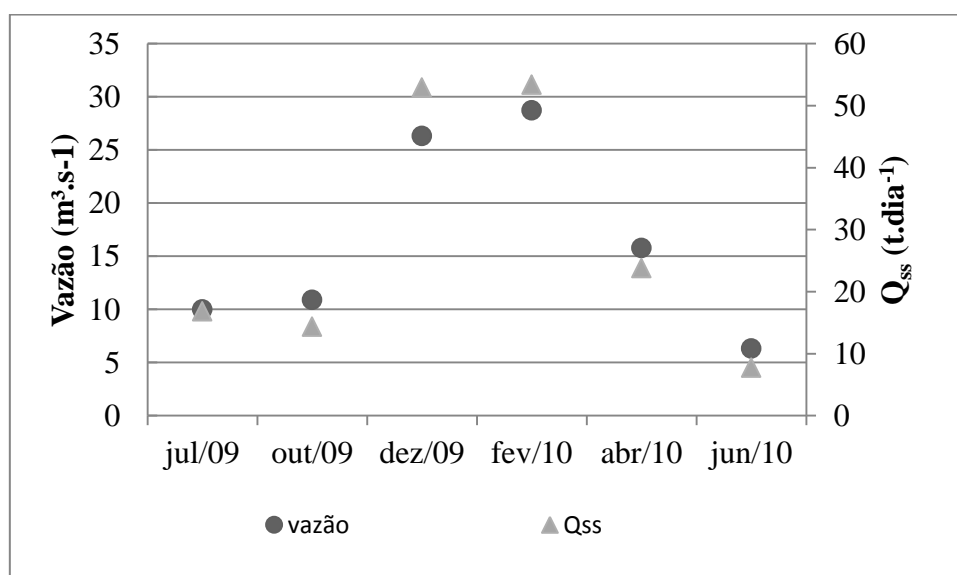
A descarga sólida em suspensão ( $Q_{ss}$ ), teve uma variação significativa variando de 52,98 t/d no mês de dezembro/ 2009 a 16,8 t/d em junho de 2010, como se pode notar na tabela 2, o mês de fevereiro/2009 teve o maior índice de  $Q_{ss}$  que foi de 22,91 t/d consecutivo a este valor ficou o mês de outubro/2009 com 20,26 t/d, entre os seis valores total de descarga solida em suspensão o segundo menor índice foi o mês de julho/2009 com 16,81 t/d.

A concentração de sedimentos em suspensão verificados nos meses de amostragem, do ponto 3, ficou entre 14,2 e 23,3 mg/l, junho de 2010 e dezembro de 2009. O mês de fevereiro/2010 teve 21,5 mg/l, o mês de abril/2010 e o mês de outubro tiveram consecutivamente 17,6 mg/l e 15,2 mg/l (tabela 2).

**Tabela 2: Dados coletados e trabalhados**

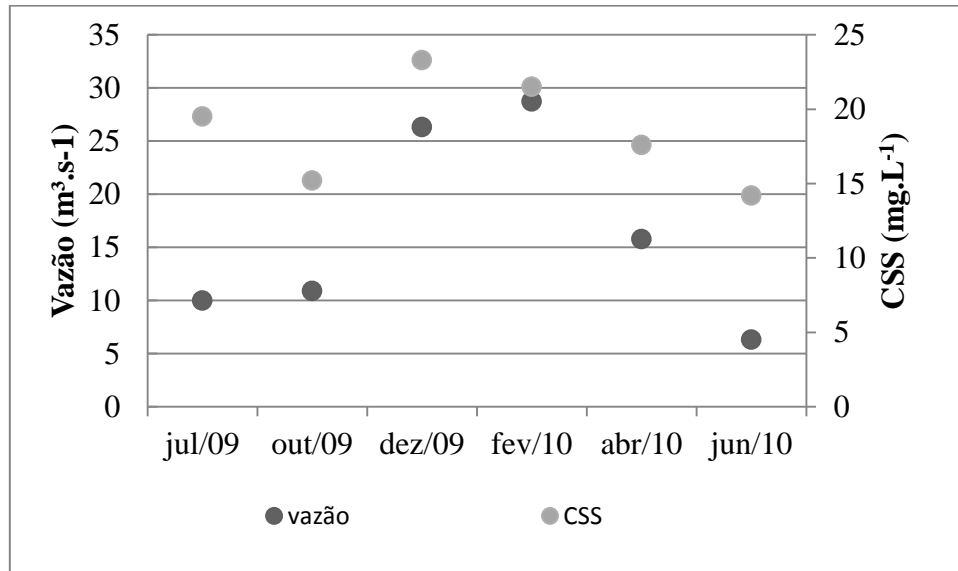
MÊS	VAZÃO $m^3 s$	CSS mg/l	$Q_{ss}$ t/d
Julho/2009	9,98	19,5	16,81
Outubro/2009	10,91	15,2	14,32
Dezembro2009	26,32	23,3	52,92
Fevereiro/2010	28,73	21,5	53,36
Abril/2010	15,77	17,6	23,78
Junho/2010	6,31	14,2	7,74

Os índices encontrados referente ao ponto 3, de descarga sólida em suspensão, variou significativamente tendo valores de 7,74 t/dia a 53,36 t/dia, (Figura 5) podendo ser associado a vazão do rio Doce, tendo um aumento no período chuvoso, da região, período este em que ocorre um maior potencial de erosão do solo. O uso do solo na proximidade do ponto de coleta é predominante o plantio de cana-de-açúcar seguido de lavoura de soja e milho na safra de verão.



**Figura 4:** Vazão e descarga sólida em suspensão na seção monitorada da Bacia do Rio Doce

A concentração de sedimentos em suspensão esteve sempre abaixo da vazão monitorada da bacia, sendo somente no mês de fevereiro uma maior proximidade dos valores. No entanto, nos meses de maior vazão conseqüentemente houve uma maior concentração de sedimento (Figura 6), sendo esta maior vazão relacionada ao período de estação chuvosa da área de estudo.



**Figura 5:** Vazão e concentração de sólidos em suspensão na seção monitorada da Bacia do Rio Doce

Uma grande quantidade de estudos relata a importância de estudos em períodos variados, chuvoso e seco, pois a maior parte dos sedimentos transportados (70 a 90%) acontece na época chuvosa, obtendo uma melhor representatividade da amostragem e otimizando os trabalhos de Rodrigues Júnior et al (1997), Paranhos e Paiva (2003), Martins e Coiado (1999) entre outros.

Todo curso d'água possui um comportamento hidrossedimentológico próprio, ou seja, os processos de produção e deposição de sedimentos em uma bacia é natural. No entanto a interferência antrópica altera o fluxo natural dessa dinâmica. O uso e ocupação da bacia estão relacionados com a produção e transporte de sedimentos podendo variar de acordo com a intensidade e manejo do uso do solo.

Apesar dos diversos problemas que podem ocasionar a presença excessiva de sedimentos no fluxo de uma bacia, a sua presença é fundamental para a manutenção de ambientes naturais. Eles transportam nutrientes importantes para a fauna e flora aquática das margens, constituindo e mantendo praias em rios.

Landers (1998), afirma que considerando 11 milhões de hectares de lavoura do cerrado o volume de solos perdidos por ano deve situar em 66 e 145 milhões de toneladas anuais. Parte desse solo é conduzido aos rios, lagos e represas provocando assoreamento, eutrofização dos rios ,



redução da população de peixes aumento no custo de manutenção de usinas, aumento do volume de enchentes entre outros problemas.

Em estudo realizado por Bicalho (2006), na bacia do Rio Descoberto, os valores encontrados da descarga em suspensão, nos afluentes, variou de 0,83 t/dia com vazão de 0,450 m<sup>3</sup>/s, a 800 t/dia com uma vazão média de 25 m<sup>3</sup>/s.

Na bacia hidrográfica do Rio Descoberto Bicalho (2006) afirma que 8% do uso do solo são urbanizadas e 28% da área é coberta por vegetação e o restante da bacia é utilizada em atividades variadas como produção de hortaliças, agroindústrias e pecuária, predominando a agricultura e chácaras de lazer.

Na análise feita por Leba, Molina & Hernandez, (2006), encontrou-se alguns valores de vazão que variou entre 100 L/s e 1500 L/s, sendo que o total de sedimentos transportados também variou significativamente entre aproximadamente 9 t/dia e 28 t/dia chegando a uma média total da bacia do rio Água da Bomba foi de 49 t/dia.

Nos estudos de Leba, Molina & Hernandez (2006), na bacia do Córrego Água da Bomba, eles relacionam a produção de sedimentos ao uso do solo para pastagem e atividades agrícolas de ciclos curtos como o plantio de algodão. Em um dos pontos analisados foram encontrados valores de CSS inferiores aos valores de outros pontos da bacia em que o uso do solo estava relacionado a atividades agropecuárias, já mencionadas.

Hellmeister Junior, Frota & Almeida (2010), em estudo na bacia hidrográfica do reservatório da PCH Anhanguera no rio Sapucaí, na sub-bacia do ribeirão São Joaquim da Barra, encontrou-se uma vazão de 1,250 m<sup>3</sup>/s e uma concentração de sólidos dissolvidos 98,1647 mg/l, com o total de sedimentos transportados ficou em 10,602 t/dia.

Segundo os estudos realizados por Carvalho (2009), no médio Araguaia foram analisados os afluentes que contribuíam com a maior carga de sedimentos em suspensão para o rio Araguaia, concluiu que foi a foz do Crixas-Açú devido ao seu volume da vazão de 2500 a 3000 m<sup>3</sup>/s e com o transporte de sedimentos em suspensão no trecho entre a montante do rio Crixás-Açú e a bifurcação do Araguaia-Javaés apresentou variações na concentração nas seções transversais, entre as margens e o meio do canal. A descarga sólida (sedimentos em suspensão) variou ao longo do trecho, conforme a variação da descarga líquida já citada anteriormente. O total de descarga sólida em suspensão no trecho próximo a cidade de Luis Alves – GO, foi 15.144,035 toneladas por dia, na presente pesquisa a  $Q_{ss}$  de valor maior foi no mês de dezembro com 54,36 t/dia, demonstrando assim um número muito superior ao encontrado por Carvalho 2009.

Martins e Coiado (1999) ressaltam a boa correlação entre a vazão líquida e a concentração de sedimentos, em seu estudo analisou a produção de sedimentos em suspensão durante a estação seca e na estação chuvosa. A coleta de dados realizados durante a estação seca foi realizadas para se avaliar os parâmetros nas vazões mínimas e sem erosão na época onde o fluxo é alimentado pelo escoamento básico.

Nos estudos realizados por Montanher *et al.* (2009), foram mensurados o transporte de sedimentos do córrego Zororó em dois períodos de fluxos de base e durante uma recessão de uma onda de cheia, no período do fluxo de base a vazão foi de 25,26 l/s com total de sedimentos transportados (TST) de 0,466 g/s, sendo que durante uma onda de cheia a vazão chegou a 473,095 l/s e TST foi de 197,75 g/s. A concentração de sedimentos totais variou ao longo do tempo de forma semelhante à vazão, há forte relação entre a concentração de sedimentos em suspensão e a velocidade de fluxo pode indicar que a carga suspensa é originária da erosão marginal e/ou do escoamento superficial.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ausência de dados de vazão impossibilitou a análise da descarga sólida de sedimentos dos pontos de coletas 1,2,4, 5.

Devido não ter um uma estação pluviométrica na área da bacia hidrográfica não houve uma correlação entre a vazão e a precipitação na bacia hidrográfica em estudo

O estudo serve como base para análise sedimentológica e assoreamento a jusante dos pontos de coleta, considerando o reservatório da PCH Irará, para melhores resultados recomenda-se a medição de vazão possibilitando assim o cálculo da  $Q_{ss}$ .

## BIBLIOGRAFIA

ASSUNÇÃO H.F.; SCOPEL I.; SANTOS W. B. (1999). *Caracterização espacial do clima no município de Jataí* in Anais X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Florianópolis, p. 207-209.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. (1990). *Conservação de solo*. Editora Ícone, São Paulo.

BICALHO, C. C. (2006). *Estudo do transporte de sedimentos em suspensão do Rio Descoberto*. Distrito Federal: Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2006.

- BIGARELLA J.J. & MAZUCHOWSKI J.Z. (1985). *Visão integrada da problemática da erosão* in Anais Simpósio Nacional de Controle de Erosão, v. 3, Maringá, ABGE, p. 327-332
- BORDAS M. P. ; SEMMELMANN, F. R. (1993). *Elementos de engenharia de sedimentos* in *Hidrologia: ciência e aplicação*. Org. por Tucci, C.E.M. Porto Alegre: EDUSP.
- CARVALHO, N. O. (1994). *Hidrossedimentologia prática*. CPRM, Rio de Janeiro - RJ, 372 p.
- CARVALHO, T. M. de. (2009). *Avaliação do transporte de carga sedimentar no médio rio Araguaia*. Geosul, v.24, n.47, p. 147-160.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1980). *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blucher.
- COSTA, M. F. T. (2003). *Avaliação hidrossedimentológica de uma pequena bacia em urbanização*. Santa Maria: Dissertação de Mestrado, UFSM.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1999). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Serviço de Produção de Informação – SPI. Brasília: DF.
- GRAZIANO DA SILVA, J.(1998). *A nova dinâmica da agricultura brasileira*. 2 ed. Campinas: SP – UNICAMP. IE. 211 p.
- HELLMEISTER JUNIOR, Z; FROTA, A.de S; ALMEIDA, G. de S. *Quantificação dos sedimentos em suspensão na bacia hidrográfica do reservatório da PCH Anhanguera no rio Sapucaí*. Disponível em: [http://www.ipt.br/centro\\_artigos\\_interna.php](http://www.ipt.br/centro_artigos_interna.php) Acesso em: 07/09/2010.
- LANDERS, J. N.(1998). *O plantio direto na agricultura: o caso do cerrado* in *Gestão Ambiental no Brasil: experiência e sucesso*. LOPES, I. V. et. al. (Org.). Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, p.3-33.
- LEITE, E. F; ROSA, R. (2010). *A evolução conceitual da bacia hidrográfica sob o enfoque da paisagem integrada*. Revista GeoPentanal, Corumbá, n. 8, p. 131-144, jan/jun.
- LEONARDO, H. C.L. (2003). *Indicadores de qualidade de solo e água para a avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do Rio Passo Cue, Região Oeste do Estado do Paraná*. Dissertação de mestrado. Piracicaba: USP.
- MARTINS M. E; COIADO, E.M. *Produção de sedimentos em microbacia agrícola cultivada com cana-de-açúcar* in XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Belo Horizonte. . Disponível em: <<http://www.revistabrasielirarecursoshidricos.com.br/eventos> >. Acesso: 23 jan. 2011.
- MONTANHER, O. C; MORAIS, E. S. de; SOUZA FILHO, E. E. de. (2010). *Transporte e concentração de sedimentos em suspensão durante a recessão de uma onda de cheia no córrego Zororó, Mandaguaçu – Pr*
- PARANHOS, R. M; PAIVA, J. B. D.(2008). *Avaliação da produção de sedimentos em uma pequena bacia hidrográfica* in Anais XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba: ABRH, p. 145-162.

- RIBEIRO, D. D. (2010). *Agricultura “caifcada” no Sudoeste de Goiás: do bônus econômico ao ônus sócio-ambiental*. 264 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói (RJ).
- ROCHA, I. R; CABRAL, J. B. P. (2010). *Mapeamento das áreas de fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Doce – GO* in Anais do Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão – CONPEEX .
- RODRIGUES JÚNIOR, J. C., MORTATTI, J., MORAES, J. M., MARTINELLI, L. A. (1997) *Dinâmica dos sedimentos em suspensão na bacia do rio Piracicaba: Estimativa de erosão mecânica* in Anais Simpósio de Recursos Hídricos, 12., 1997, Vitória. Vitória – ES, p. 221-247.
- SANTOS, I. et al. (2001). *Hidrometria Aplicada*. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 372p.
- SANTOS, R. F. dos. (2004). *Planejamento ambiental: teoria e prática*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.
- SILVA, A. M; SCULZ, H. E; CAMARGO, P. B. (2004). *Erosão e Hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*. São Carlos: RiMa.
- SILVA, S. A. da (2003). *Avaliação do assoreamento do Lago Bonsucesso, Jataí-GO*. Curitiba: Dissertação de Mestrado, UFP.
- TUCCI, C.; E. M. (2000). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: ed. Universidade/UFRGS: ABRH.
- TUNDISI J. G. & TUNDISI T. M.(2008). *Limnologia*. São Paulo: Oficina de textos.
- VANZELA, L.S.(2004). *Qualidade de Água para a Irrigação na Microbacia do Córrego Três Barras no Município de Marinópolis*. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção), Universidade Estadual Paulista, UNESP, Ilha Solteira.
- VITTE, A. C; GUERRA, A. J. T. (2004). *Reflexões sobre a geografia física no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 280p.
- WETZEL.R.G; LIKENS,G.E.(1991). *Limnological analisys*. 2ed. New York. Springer Verlag. 391p.
- WILSON JÚNIOR, G. (1999). *Estudo do movimento sedimentar em escoamento em escoamento com superfície livre* in Anais Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12. Belo Horizonte: Belo Horizonte: ABRH, p.142-167