

METODOLOGIA DE CRIAÇÃO DE MAPAS DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO POR AGROQUÍMICOS: estudo de caso da sub-bacia do rio Uruçuí-preto à montante do riacho da Colher, Piauí

João Batista Lopes da Silva¹,
Erivan dos Santos Sousa²

Resumo: Objetivou-se neste trabalho determinar um mapa de risco de contaminação causado por agroquímicos utilizados na produção agrícola na sub-bacia do rio Uruçuí-Preto à montante do riacho da Colher. O presente trabalho foi realizado na sub-bacia do rio Uruçuí-Preto a montante do riacho da Colher (5.183,63 km²), localizada no estado do Piauí. Utilizou-se planos de informações ambientais: uso e ocupação do solo, altimetria e classe de solos, para determinar a tendência do comportamento da água, infiltração e escoamento. Pelo cruzamento destas informações foi possível obter o mapa de risco das áreas de contaminação ambiental por agroquímicos. As áreas que ofereceram nenhum risco, pouco risco, e alto risco pela contaminação de agroquímicos foram: (i) nenhum risco, 6,78% do total da sub-bacia, correspondendo a 351,56 km², sendo áreas de baixa exploração agricultura; (ii) pouco risco, 79,19% do total da sub-bacia, correspondendo a 4.105,22 km², sendo áreas de pouca exploração do ponto de vista agrícola, mas, no entanto cabe ressaltar que são de áreas de alto potencial de infiltração do solo: (iii) alto risco, área de 14,02% do total da sub-bacia, correspondendo a 726,85 km², seu alto risco é justificado pelo alta exploração do solo sobre condições de uso intensivo de agroquímicos por vários anos, podendo estes produtos percolar no perfil do solo conduzidos pelas águas pluviais podendo contaminar o lençol freático e consequentemente acarretar desequilíbrio ambiental.

Palavras-Chaves: SIG; MDE; Landsat;

1. INTRODUÇÃO

Novas áreas abertas no bioma cerrado vêm contribuído efetivamente para este aumento da produção agrícola. O Estado do Piauí possui aproximadamente 11,5 milhões de hectares de Cerrado, tendo como área de domínio cerca de 70% e de transição em torno de 30%. O Cerrado tem sua localização geográfica em vários pontos do Estado do Piauí, entretanto, suas principais áreas de ocorrências ocupam toda a região sudoeste e parte do extremo-sul piauiense (OLIMPIO, 2004). Os cerrados do Piauí eram pouco explorados antes da década de setenta do ponto de vista agrícola, demonstrando indícios que de fato a região se tornaria um polo da agricultura, hoje conhecido como “Última Fronteira Agrícola” do Brasil. Reydon & Monteiro (2000) para demonstrar esta tese apresenta o caso da ocupação do cerrado do Piauí, que de acordo com relatos dos mesmos autores, na década de setenta houve um processo de ocupação de terras nestes municípios, através dos incentivos do governo federal para a produção de caju, que não resultou em produção efetiva, mas apenas em ocupação especulativa. Mas que, posteriormente na década de noventa com a soja já consolidada no cerrado dos estados vizinhos, Maranhão e Bahia, o sudoeste do Piauí se

¹ Engenheiro Agrícola e Ambiental, Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Sul da Bahia, silvajbl@yahoo.com.br.

² Engenheiro Agrônomo, erivansantosagro@hotmail.com.

transformaria na nova fronteira da soja.

Segundo Brito et al. (1998), apesar do aumento inicial de produtividade, induzidos pelo uso crescente da biotecnologia, agroquímicos e maquinários, sustentados pela capitalização do campo, em muitos lugares os índices de produtividade já estão estagnados ou mesmo caindo, em razão da degradação dos solos ou de infestação de pragas ou doenças, o que demonstra um desequilíbrio ambiental. A intensidade dos impactos sociais e ambientais, bem como o seu grau de reversibilidade e as medidas que podem instrumentalizar políticas sustentáveis, são pouco conhecidos.

Mediante aos impactos gerados, uma preocupação importante quanto ao uso e ocupação dos solos dos cerrados é recorrente ao aumento do uso de agroquímicos nas culturas de soja, milho e outras culturas, cultivadas nos municípios do sudoeste do estado do Piauí, podendo haver contaminação do solo, águas superficiais de córregos e rios. Baseado nesse princípio torna-se necessário fazer o monitoramento destas áreas agrícolas.

Assim, objetivou-se neste trabalho determinar um mapa de risco com áreas possíveis de contaminação por agroquímicos utilizados na produção de soja e outras culturas na sub-bacia do rio Uruçuí-Preto à montante do riacho da Colher, sul do Estado do Piauí.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na sub-bacia do rio Uruçuí-Preto a montante do riacho da Colher, com área de drenagem total de 5.183,63 km², localizada a sul do estado do Piauí, entre as latitudes 8°36'S e 9°34'S e longitudes 44°24'W e 45°34'W (Figura 1). Utilizaram-se planos de informações ambientais: uso e ocupação do solo; altimetria; e solos, para determinar o comportamento da água, infiltração e escoamento, e a ocupação e exploração do solo. Pelo cruzamento destas informações foi possível obter o mapa de risco das áreas de contaminação ambiental por agroquímicos (Figura 2).

2.1. Obtenção das características físicas da bacia

Os dados de altimetria, necessário para obter a declividade, foram obtidos do MDE (Modelo Digital de Elevação), da base SRTM (USGS, 2005). Porém, para que o MDE represente de forma ideal os processos superficiais do escoamento superficial fez-se a remoção das depressões espúrias para a obtenção do MDEHC (Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente). As declividades do terreno foram agrupadas em três classes: menores que 3% (baixa); entre 3 a 8% (suave); e entre 8% a 20% (alta). As áreas com declividade acima de 20% são de uso restrito para a agricultura.

três classes: vegetação exuberante; vegetação baixa; e sem vegetação. Para verificar quais áreas da bacia foram mais exploradas e, conseqüentemente, com maiores traços e resíduos de agroquímicos, fez-se então o somatório das imagens IVDN classificadas de todos os anos.

$$IVDN = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (1)$$

IVP – Região do Infra Vermelho Próximo (Banda 4)

V – Região do Vermelho (Banda 3)

2.3. Classe de solo

Com a carta de solos do IBGE pode-se dispor da condutividade hidráulica considerando as variáveis de textura, estrutura, estabilidade de agregados, e profundidade do solo da área. Com a combinação destas quatro variáveis apresentaram-se três grupos de condutividade hidráulica: alta, média e baixa. Pelo cruzamento dos dados da condutividade hidráulica e declividade do solo, determinou-se, o plano de informação potencial de infiltração e escoamento superficial (tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Classificação da condutividade hidráulica das principais classes brasileiras de solos, em alto nível categórico, em função de algumas propriedades físicas dos solos.

Classe de Solo	Textura Dominante	Estrutura Dominante	Estabilidade de Agregados	Profundidade (Horiz. A+B)	Condutividade Hidráulica
Latossolo Roxo	Argilosa	Blocos Angulares a sub-angulares	Estável	Profundo	Alta
Latossolo Vermelho Escuro	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Alta
	Argilo-Arenosa	Granular	Pouco Estável	Profundo	Média
Latossolo Vermelho Amarelo	Arenosa	Granular	Pouco estável	Profundo	Média
	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Alta
	Argilo-Arenosa	Granular	Pouco Estável	Profundo	Média
Latossolo Amarelo	Arenosa	Granular	Instável	Profundo	Média
	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Média*
	Argilo-Arenosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Média*
Terra Roxa Estruturada	Arenosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Média*
Podzólico Vermelho Escuro	Argilosa	Blocos Angulares	Estável	Profundo	Alta
	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Relativamente Profundo	Média
Podzólico Vermelho Amarelo	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Relativamente Profundo	Média
Podzólico Amarelo	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Relativamente Profundo	Média

Fonte: Gomes et al. (1996).

Tabela 2. Potencial de infiltração a partir de condutividade hidráulica e declividade

Condutividade	Declividade		
	Baixa (<3%)	Suave (3 a 8%)	Alta (8 a 20%)
Baixa	Médio	Baixo	Baixo
Média	Alto	Médio	Baixo
Alta	Alto	Alto	Médio

Fonte: Neves et al. (1998).

2.4. Mapa final de risco

A análise final consideraram os cruzamentos entre os planos de informações, resultou nos locais onde ocorrem simultaneamente fatores que agravam o risco, indicando as áreas que merecem maior atenção. Todas estas etapas e cruzamento dos planos de informações foram realizadas com o uso do software ArcGIS 10.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC)

A partir do MDEHC, foi possível obter as declividades da área de drenagem da sub-bacia (Figura 3). Constatou-se que a maior porção da sub-bacia apresentou declividade inferior a 3%, característica apropriada para utilização de máquinas e implementos agrícolas, corroborando com Marouelli (2003) e Olimpio (2004).

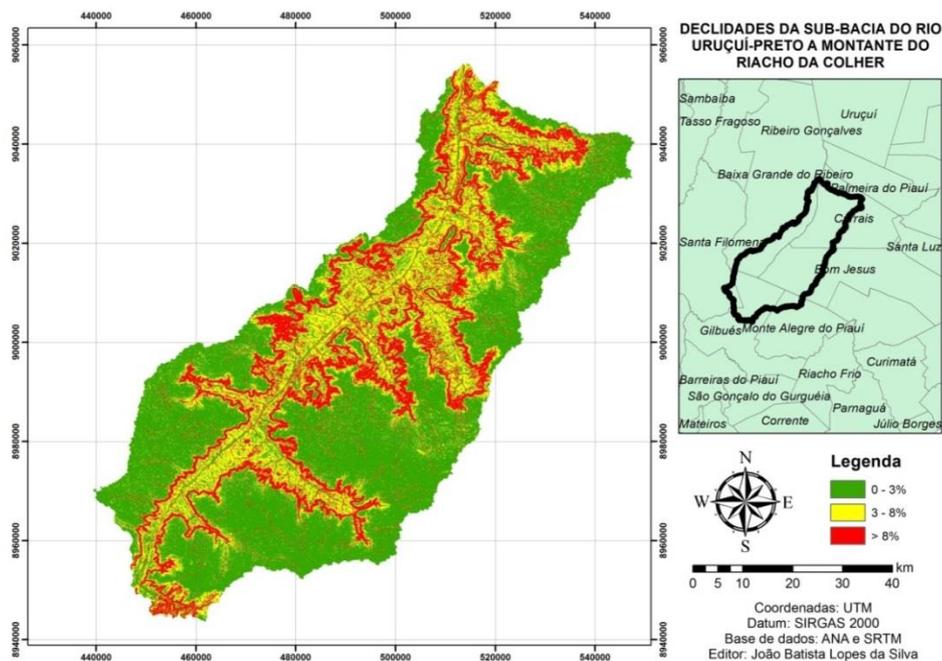


Figura 3. Declividades da sub-bacia do rio Uruçuí-Preto a montante do riacho da Colher.

3.2. Mapa de uso e ocupação do solo

Em 1984 as áreas sem vegetação não representam propriedades agrícolas, somente áreas sem vegetação e áreas de pastagens degradadas (Tabela 3). Entre 1989 e 1995 já se observa mudanças no cenário da evolução da ocupação, onde no ano de 1995 pode-se observar estas áreas de propriedades agrícolas pelas áreas sem vegetação, 426,28 km², concomitante com o decréscimo da vegetação baixa para 3.984,61 km² representando diminuição de 1,54% em relação a 1984. Em 2001 os resultados demonstraram que também houve aumento das áreas sem vegetação 687,28 km² com redução vegetação baixa em 3.556,34 km², percebendo uma redução da vegetação exuberante configurando o valor de

504,17 km². Mas percebe-se que foi entre 2005 e 2010 que houve realmente mudanças mais expressivas, os resultados das classes foram em 2005 de 1.159,51 km², 3.556,34 km² e 467,78 km² respectivamente para sem vegetação, vegetação baixa e vegetação exuberante. Em 2010 as áreas sem vegetação (grande parte propriedades agrícolas) continuaram aumentando progressivamente, perfazendo 1.631,68 km² o que representa 31,48% da área total, e a vegetação baixa com 3.551,95 km² participou com 68,52% da sub-bacia, nesse período constatou a inexistência de áreas com vegetação exuberante. Corroborando com Bandeira et al. (2010), que detectou forte aumento da atividade agrícola, nos períodos de 1990 à 2009.

Tabela 3. Evolução das áreas (km²) de Vegetação Exuberante, Vegetação Baixa e Sem Vegetação entre 1984 a 2010 obtidas pela classificação do IVDN.

	1984	1989	1995	2001	2005	2010
Sem Vegetação	882,43	264,52	426,28	687,20	1.159,51	1.631,68
Vegetação Baixa	4.047,18	3.984,61	3.921,88	3.992,26	3.556,34	3.551,95
Vegetação Exuberante	254,02	934,50	835,48	504,17	467,78	0,00

É importante salientar que ao longo dos anos as áreas de cerrado na sub-bacia passaram pelo processo de uso do solo para cultivo agrícola, como pode ser observado pelas áreas com alta exploração entre o período de 1984 a 2010 (Figura 4). Corroborando com Barbosa et al. (2012) e Pragana et al. (2012), que enfatiza que o processo de uso e ocupação tem sido intensificado pelo surgimento, a cada dia, de novos projetos agrícolas, os quais levam a um intenso desmatamento de grandes áreas, dentre outros impactos.

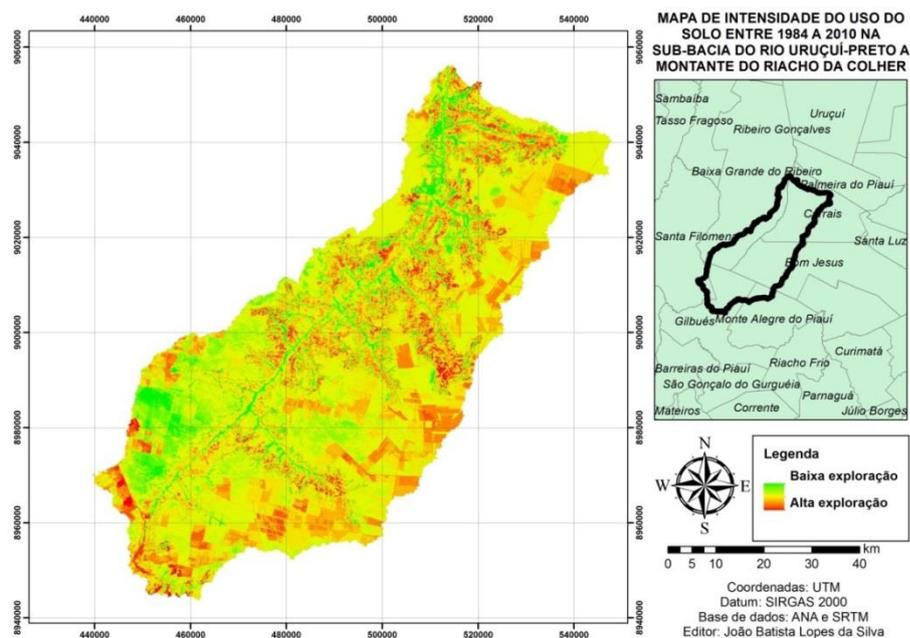


Figura 4. Mapa de intensidade de exploração do solo entre 1984 a 2010, resultante da classificação e soma do IVDN, em que áreas em verde apresentam pouco ou nenhuma exploração, enquanto áreas em vermelho apresentam vários anos de exploração.

3.3. Mapa de solos e condutividade hidráulica

A maior parte da bacia hidrográfica é formada por solos do tipo Latossolo Amarelo, sendo solos com ótima drenagem (SANTOS et al., 2010), com áreas de Neossolos e uma pequena porção de Areias Quartzozas, sendo os tipos de solo um fator relevante, pois, as propriedades físicas e os atributos do solo foram de extrema importância para a determinação da condutividade hidráulica do solo (Figura 5).

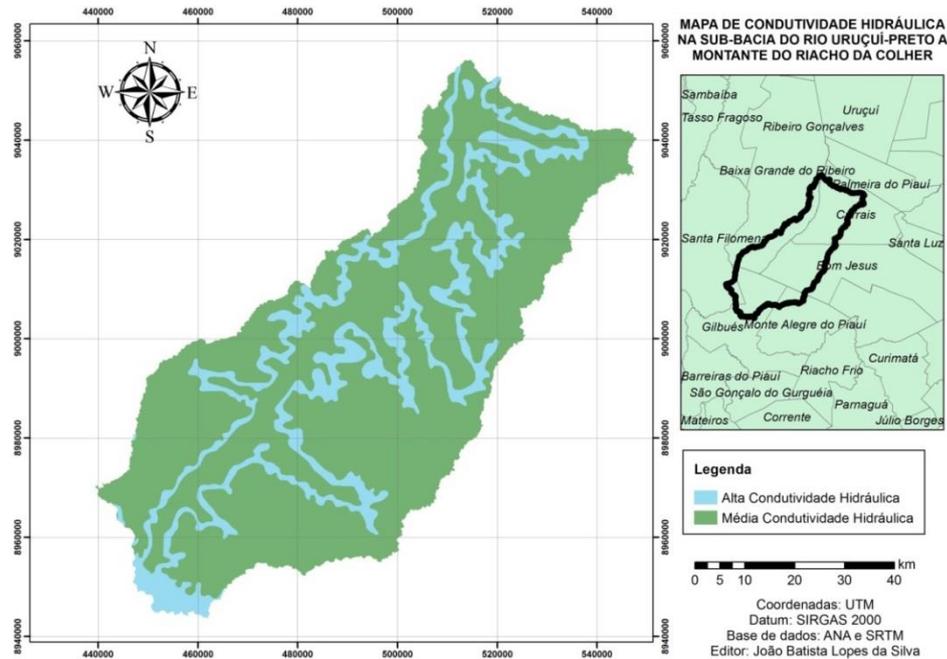


Figura 5. Condutividade hidráulica da sub-bacia segundo a classificação para cada tipo de solo de Gomes et al., (1996).

3.4. Mapas do Potencial de Infiltração e Escoamento Superficial

O cruzamento dos planos de informação de declividade (Figura 3) e condutividade hidráulica (Figura 5) resultou no potencial de infiltração e escoamento superficial da água (Figura 6). Pode observar diferentes potenciais de infiltração do solo; os locais que apresentaram baixo potencial de infiltração foram os mesmos locais que apresentaram alta declividade do solo. As áreas onde se encontram os grandes projetos agrícolas apresentaram alto potencial de infiltração, podendo acarretar a contaminação de águas subterrâneas.

4.5. Mapa Final de Risco

Para a obtenção do mapa final de risco (Figura 7), foi preciso cruzar as informações de uso do solo (Figura 4) com potencial de infiltração (Figura 6). As áreas com declividade suave ou levemente onduladas foram as que apresentaram as maiores concentrações de propriedades agrícolas, possivelmente com cultivo de soja e outras culturas, acarretando a utilização frequente de agroquímicos. Silva & Santos (2007) e Ribeiro & Vieira (2010), corroboram que os agroquímicos podem alcançar os ambientes aquáticos através da aplicação

intencional, deriva e escoamento superficial a partir de áreas onde ocorreram aplicações. Além disso, esses produtos podem perolar e ser lixiviados no perfil do solo devido ao alto potencial de infiltração e conseqüentemente acarretar problemas ambientais com a contaminação do lençol freático.

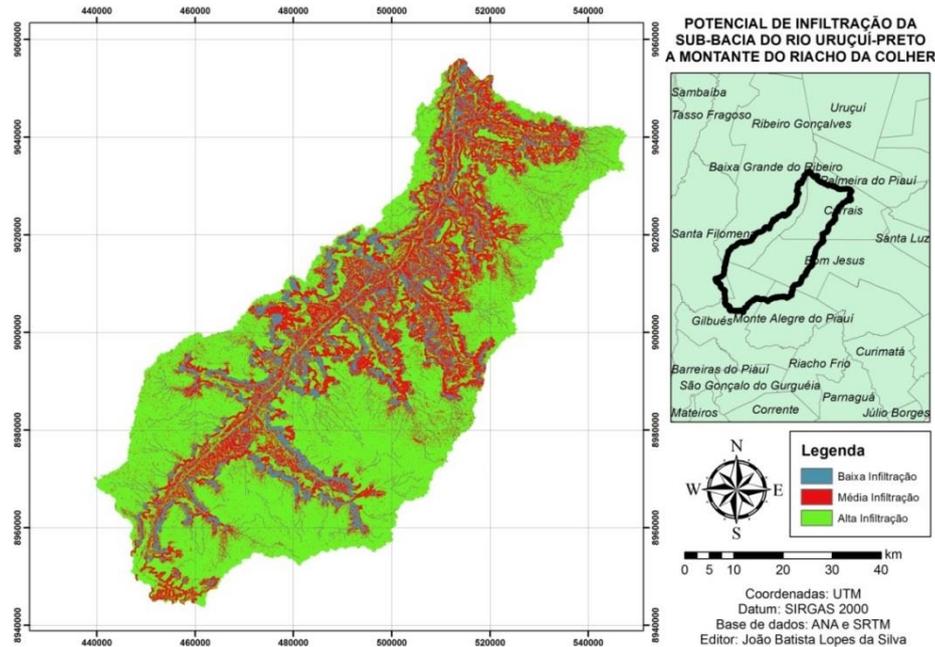


Figura 6. Potencial de Infiltração e escoamento superficial na bacia do rio Uruçuí-Preto a montante do riacho da Colher.

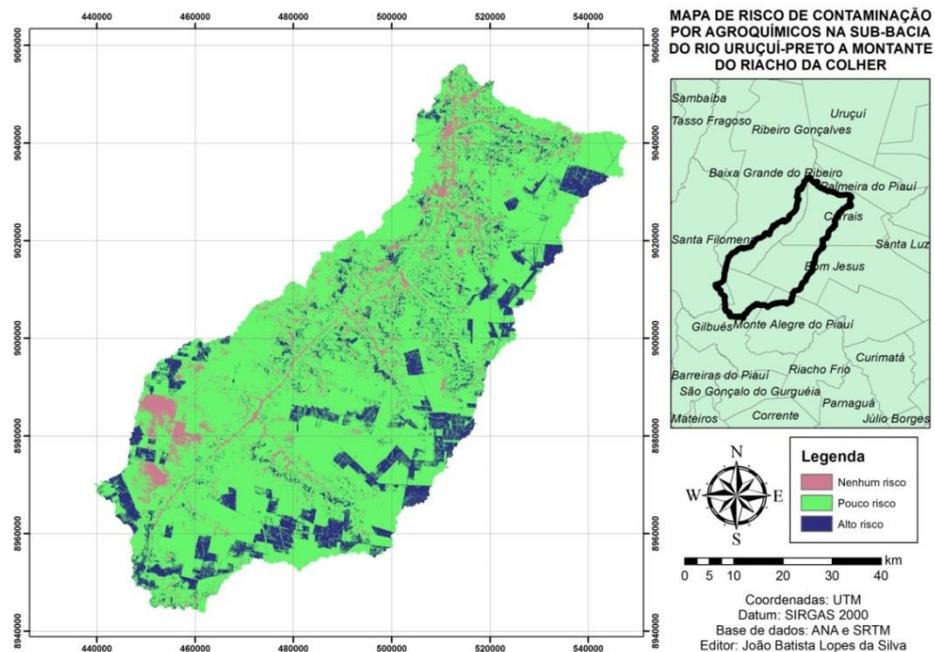


Figura 7. Mapa final de risco de contaminação de agroquímicos na sub-bacia do rio Uruçuí-Preto à montante do riacho da Colher.

As áreas que ofereceram nenhum risco, pouco risco, e alto risco de contaminação de agroquímicos são: (i) nenhum risco, 6,78% do total da sub-bacia, correspondendo a 351,56

km², sendo áreas de baixa exploração agricultura; (ii) pouco risco, 79,19% do total da sub-bacia, correspondendo a 4.105,22 km², sendo áreas de pouca exploração do ponto de vista agrícola, mas, no entanto cabe ressaltar que são de áreas de alto potencial de infiltração do solo: (iii) alto risco, 14,02% do total da sub-bacia, correspondendo a 726,85 km², seu alto risco é justificado pelo alta exploração do solo sobre condições de uso intensivo de agroquímicos por vários anos.

4. CONCLUSÕES

Atualmente, na sub-bacia rio Uruçuí-Preto a montante do riacho da Colher as áreas sem vegetação (grande parte propriedades agrícolas) perfazem 1.631,68 km², o que representa 31,48% da área total, e as áreas com vegetação perfazem 3.551,95 km², 68,52% da sub-bacia.

Na sub-bacia do rio Uruçuí-Preto a montante do riacho da Colher 6,78% do total da área da sub-bacia são áreas que não apresentam risco de contaminação por agroquímicos, 79,19% apresentam pouco risco por conta da baixa exploração e 14,02% apresentam alto risco de contaminação devido o alto potencial de infiltração e alta exploração do uso solo com uso de agroquímicos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANDEIRA, E. G., ALVES, C. M., MELO, L. F., Análise temporal por imagens Landsat da expansão da fronteira agrícola no município Bom Jesus-PI. Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí – IFPI. **Anais...** III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, 2010.
- BARBOSA, F. M. A; COSTA, J. J; SOUZA, M. R; A Expansão dos Fronts Agrícolas e Planejamento Ambiental e Territorial no Nordeste Brasileiro. Eixo Temático: Geoecologia das Paisagens, Bacia Hidrográficas, Planejamento Ambiental e Territorial. **Revista Geonorte, Edição Especial**, V.3, N.4, p. 379-389, 2012.
- BRITO, L. J., LIMA, C. S., SHIKI, S., MOREIRA, R. M. Uso do Geoprocessamento na Estimativa da Perda de Solo por Erosão Laminar em Araí de Minas – MG. **Anais...** IX Simpósio de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 1998.
- MARQUELLI, R. P. O. **Desenvolvimento Sustentável Da Agricultura No Cerrado Brasileiro**. Brasília: ISAEFGV/ Ecobusiness School, 2003. 54p. Monografia
- OLIMPIO, A. J., **Agricultura Comercial e Suas Consequências Sobre nos Municípios de Palmeira do Piauí e Currais**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Piauí (PRODEMA) UFPI (TROPEN), Teresina, 2004.

PRAGANA, R. B., RIBEIRO, M. R., NOBREGA, J. C. A., FILHO, M. R. R., COSTA, J. A., Qualidade física de latossolo amarelo sob plantio direto na região. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1591-1600, 2012.

REYDON, P. B., MONTEIRO, L. S. M., Ocupação do Cerrado Piauiense. Um processo de Valorização Fundiária. 2000.

RIBEIRO, D.H.B.; VIEIRA, E. **Avaliação do potencial de impacto dos agrotóxicos no meio ambiente.** 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_2/agrotoxicos/index.htm>. Acesso em: 18/7/2013

SANTOS, M. A., BARBIERI, A. F., CARVALHO, J. A. M., MACHADO, C.J., O cerrado brasileiro: Notas de estudo. - Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2010.

SILVA, J. M., SANTOS, J. S., Toxicologia de agrotóxicos em ambientes aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 4, p. 565-573, 2007.