Determinação de locais para obras de proteção de mananciais contra acidentes rodoviários mediante SIG - Microbacia do Ribeirão João Leite, Goiás

Determination of sites for construction of watershed protection against road accidents by GIS - Watershed of Ribeirão João Leite, Goiás

Adriano Francisco dos Reis
Manuel Eduardo Ferreira
Nílson Clementino Ferreira
Universidade Federal de Goiás

adrianoreis2002@yahoo.com.br

Resumo
A proteção dos mananciais de abastecimento contra o derramamento de materiais perigosos resultantes de acidentes rodoviários pode exigir a implementação de barreiras de proteção associados a sistemas de drenagem para a sua retenção. Tais riscos são normalmente associados com a proximidade geográfica entre corpos d'água e sistema viário. Através de técnicas de geoprocessamento, é possível localizar os trechos rodoviários onde os sistemas de proteção devem ser implantados e dimensioná-los previamente. A área de estudo foi a Microbacia do Ribeirão João Leite, com o objetivo de oferecer uma proteção adicional aos sistemas que têm sido empregados na BR-060/153 às margens do reservatório do Produtor de Água do Sistema João Leite.
Palavras-chave: SIG; cargas perigosas; mananciais de abastecimento público; risco ambiental.

Abstract
The protection of water sources of supply against the spilling of hazardous materials arising from road accidents may require the implementation of protective barriers associated at drainage systems for their retention. Such risks normally associated with geographic proximity between water bodies and road system. Through GIS techniques it is possible to locate the road stretches where protection systems must be deployed and scale them previously. The study area is the Watershed of Ribeirão João Leite, thus offering additional protection to systems that have been employed in BR-060/153 at the reservoir shores of the System Water Producer João Leite.
Palavras-chave: GIS; hazardous cargo; public drinking water sources; environmental risk.

1. Introdução

O reservatório do Sistema Produtor de Água João Leite formou-se com a construção de uma barragem situada em uma área rural da região norte do município de Goiânia. Com 77 quilômetros de perímetro, área de 1.040 hectares e capacidade de armazenar 129 bilhões de litros de água (O POPULAR, 2009), situa-se parcialmente dentro de uma área de preservação ambiental - o Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco. Uma faixa de 200 m de largura em torno de seu perímetro constitui-se como uma Área de Preservação Permanente (APP), medida complementar destinada a dificultar quaisquer ações que possam causar danos à qualidade original das águas do reservatório.

No entanto, em sua margem esquerda, o reservatório tem uma importante companhia: a BR-060/153, rodovia de maior volume de tráfego do Estado de Goiás, em seu trecho entre Goiânia e Anápolis. Nesta rodovia, a SANEAGO S/A iniciou a execução de obras de proteção do reservatório para o controle do fluxo de escorrências rodoviárias advindas do vazamento de cargas perigosas em acidentes rodoviários, estabelecendo um sistema de proteção contra cargas perigosas. Entretanto, os corpos hídricos que alimentam o reservatório, os quais compõem a microbacia do Ribeirão João Leite, dividem o mesmo espaço geográfico com uma malha viária a qual pertencem as rodovias estaduais GO-080, GO-222, GO-330, GO-451 e 446, que carecem de obras de proteção de natureza semelhante.

Mediante o estudo dos riscos ambientais inerentes à relação entre os mananciais e as rodovias, bem como o de algumas medidas relacionadas à gestão de tais riscos, o presente estudo objetiva apresentar, mediante técnicas de geoprocessamento, os trechos rodoviários em que obras similares de mitigação de riscos ambientais devem ser executadas, maximizando a proteção das águas de abastecimento contra a ameaça dessas escorrências rodoviárias e possibilitando que se dimensionem previamente os recursos que serão investidos nesta ação.

2. Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica, mediante pesquisa de artigos de revistas científicas, de periódicos e de dissertações, além de estudo da legislação referente ao assunto abordado. Para tal revisão bibliográfica utilizaram-se bases de dados de periódicos da CAPES e Scielo, sendo consultados os artigos disponíveis de forma integral.

A revisão bibliográfica foi complementada com a análise de algumas das ações implantados no Sistema João Leite para a gestão do risco ambiental relativo às cargas perigosas, as quais são de responsabilidade da SANEAGO S/A. Também foram promovidas visitas ao local e levantamento fotográfico.

Para a caracterização da área de estudo e ao emprego de ferramentas de geoprocessamento, foi utilizado um Sistema de Informações Geográficas - SIG - ArcGIS (ESRI ® ArcMAP™ 9.3), no qual foi criado um banco de dados georreferenciado na projeção UTM, DATUM SAD-69 e meridiano central -51° - Fuso 22. Como informações de base foram utilizados dados de malha viária e rede de drenagem, extraídos de dados do Sistema de Informações do Estado de Goiás - SIEG. Tais dados foram submetidos ao SIG, com a finalidade de se obter dados secundários que relacionassem, geograficamente, a malha viária e a rede de drenagem, com o objetivo de se determinarem as áreas de risco ambiental associado às escorrências de cargas perigosas.

3. Caracterização da área de estudo

A Microbacia do Ribeirão João Leite (vide Figura 1) pertence ao Complexo Hidrográfico da Bacia do Rio Paraná. Drena uma área de 766,80 km², entre as latitudes 16° 13' e 16° 39' Sul e longitudes 48° 57' e 49° 11' Oeste. A bacia possui terras distribuídas pelos seguintes municípios: Goiânia, Anápolis, Terezópolis de Goiás, Goianápolis, Nerópolis, Campo Limpo de Goiás e Ouro Verde de Goiás, todos no Estado de Goiás, pertencendo à Mesorregião do Centro Goiano. A população destes municípios é de 1.644.781 habitantes (BRASIL, 2010). O clima característico da bacia é quente e subúmido, com o regime de chuvas claramente distribuído em verões chuvosos e invernos secos. A vegetação predominante é o cerrado ocorrendo também Cerradão, mata de galeria próxima aos cursos d'água, Floresta Tropical Subcaducifólia e Caducifólia (Bonnet, 2007).

4. Obras de mitigação de risco ambiental: reservatório do Sistema João Leite e a BR 060/153

Reconhecido o risco ambiental que poderia sofrer o reservatório do Sistema João Leite com a presença da BR 060/153, cogitou-se, como alternativa à dispendiosa transferência do local da rodovia, a implantação de ações que vêm sendo adotadas desde o final das obras de sua duplicação, na década de 1990, no trecho em que o reservatório mais se aproxima da faixa de domínio da rodovia, especialmente entre os quilômetros 123 e 130. Dentre tais ações, a SANEAGO S/A procurou desenvolver um sistema de proteção contra cargas perigosas, mediante ações tomadas em parceria com o DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - e a Polícia Rodoviária Federal. Tais ações se constituíram na construção de defensas de concreto e de sistema de drenagem com 4420 m de comprimento, implantadas às duas margens da estrada, de forma intermitente, ao longo dos sete quilômetros considerados mais críticos. As defensas objetivam deter a invasão de quaisquer veículos desgovernados ao reservatório, fazendo com que, em caso de acidente, os mesmos permaneçam em uma área drenada por canaletas que conduzem as escorrências a 17 caixas de retenção (vide Figuras 2 e 3).

A extensão dos trechos rodoviários em que se instalou o sistema de proteção foi determinada a partir de estudos feitos *in loco*, não existindo relação entre a distância da rodovia com o corpo hídrico. Ainda que exista uma série de normas e regulamentos técnicos para a colocação de defensas rodoviárias, não há marco regulatório para a instalação de sistemas de proteção contra cargas perigosas. Os sistemas se distribuem em ambos os lados da rodovia, em quatro trechos intermitentes, sendo o comprimento de cada trecho variável de acordo com o traçado da rodovia, que ora margeia o reservatório, ora atravessa perpendicularmente cursos d'água que o alimentam. Tais extensões são de 505 m, 505 m, 425 m e 565 m - no sentido Goiânia-Anápolis - e de 565 m, 425 m, 425 m e 905 m - no sentido Anápolis-Goiânia. A distância entre a extremidade do sistema e as caixas de retenção, colocadas na cota mais baixa de cada trecho, varia de 125 m a 505 m.

5. Tratamento da informação geográfica

Para se estabelecer a relação espacial entre o sistema viário e a rede hidrográfica, a geração de mapa com distâncias pré-estabelecidas se constituiu no primeiro procedimento de tratamento da base de dados geográfica. Ao considerar que as obras a serem pré-dimensionadas no presente trabalho deverão ser executadas nas demais rodovias que se localizam dentro da microbacia, deve-se, inicialmente, estabelecer parâmetros para que a extensão das obras determinadas pelo SIG se aproxime dos valores estabelecidos mediante visita ao local, os quais inexistem na Literatura.

A construção de obras rodoviárias deve, quando possível, evitar danos às áreas de preservação permanente. Assim, as Resoluções do CONAMA 302/2002 e 303/2002, que delimitam as APP devem ser observadas nos projetos rodoviários (BRASIL, 2005), as quais merecem especial atenção durante o planejamento do traçado e a sua construção.

É interessante observar, portanto, que é possível inferir que, nas obras de proteção do reservatório, nos trechos em que a rodovia corta transversalmente curso d'água, a extensão do sistema de proteção possui aproximadamente 100 m de extensão além da largura da APP regulamentada pelo CONAMA (2002a): aproximadamente 200 m de cada lado do curso d'água, totalizando cerca de 400 m de comprimento por trecho, de cada lado da rodovia. Estender o sistema de proteção para além dos limites da APP visa proteger a área de

preservação da invasão de veículos desgovernados que porventura evadam a pista antes em trecho anterior ao que adentra na APA, e que, devido a sua velocidade, possam invadi-la, passando por detrás da barreira de proteção.

A distância de 100 m além do limite da APP também coincide com a distância necessária para proteção de obstáculos contra choque veicular. Diretrizes de projeto indicam que o ângulo de evasão de veículos, em relação ao traçado da pista, é normalmente inferior a 15° (BRASIL, 2006). Para proteção de um obstáculo colocado, por exemplo, a 15 m de distância do eixo de uma rodovia, barreiras de proteção deverão se estender por cerca de 90 m antes do obstáculo.

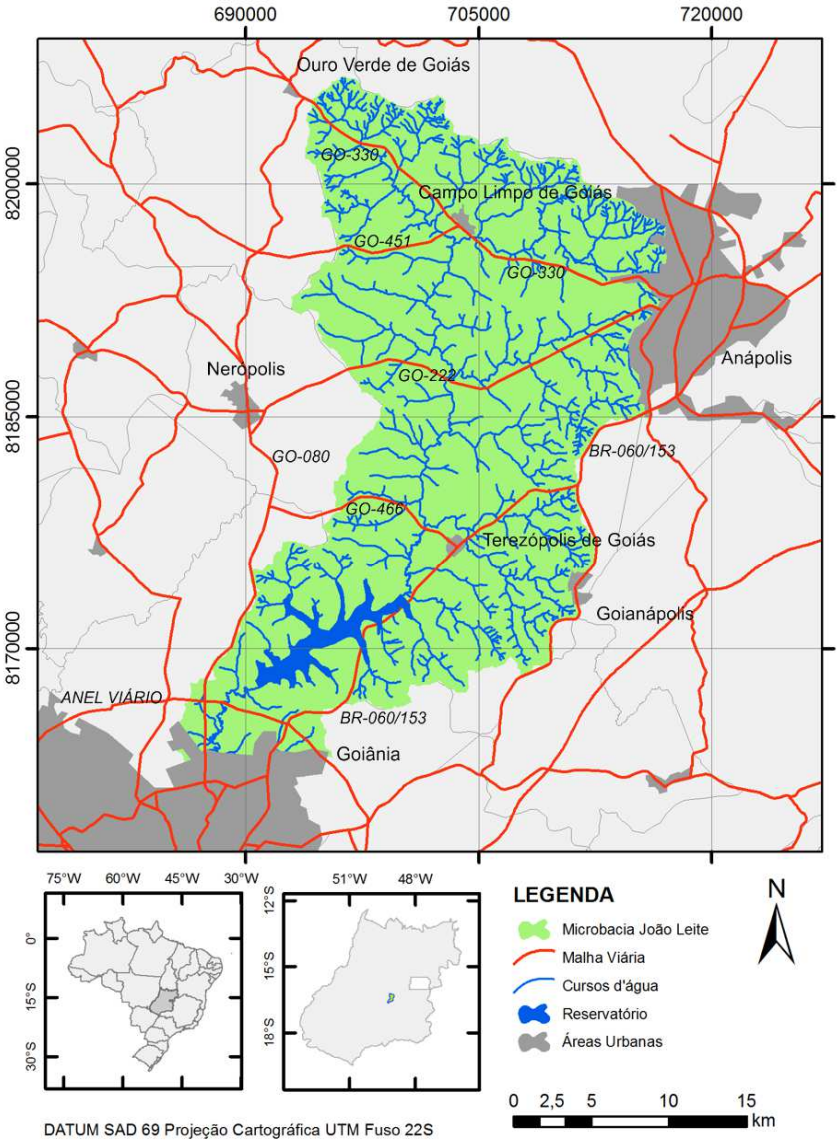

FIGURA 1 - Mapa de Localização da bacia do Ribeirão João Leite.

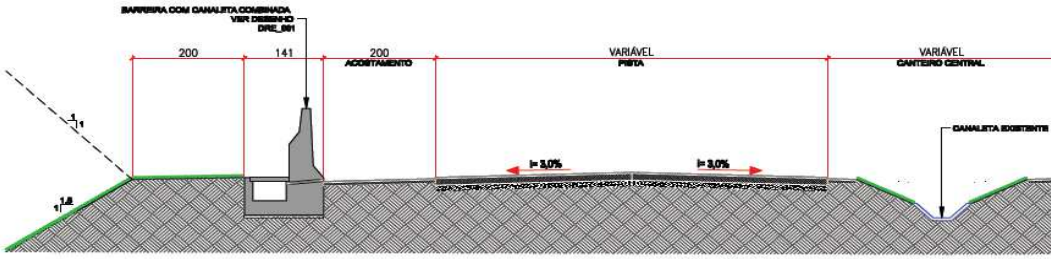

FIGURA 2 - Seção transversal de uma das pistas da rodovia, com detalhe da mureta de proteção e canaleta de drenagem.
Fonte: SANEAGO e Mass Engenharia (2010).

FIGURA 3 - Caixas de retenção de escorrências em construção.
Foto A. REIS - Obtida em 03 ago 2012.

Ao considerar que o obstáculo a ser protegido é a área de APP dentro da faixa de domínio da rodovia e que, para cada trecho com defensa deve-se instalar um terminal de entrada de aproximadamente 12 m (BRASIL, 2009), podemos indicar tal extensão adicional de 100 m para a instalação do sistema de proteção. Naturalmente, tais distâncias podem variar de acordo com a distância entre a barreira de proteção e a pista, a altura da barreira de proteção e a largura da faixa de domínio. A distância de 100 m mostra-se eficaz para faixas de domínio de 30 m em rodovias de pista simples e para quaisquer situações em que o seu limite esteja a 30 m do eixo da pista com duas faixas de rolamento - no caso de rodovias com mais de uma pista. De acordo com MACEDO (2005), a largura de 30 m para a faixa de domínio relaciona-se a rodovias com características idênticas às que encontramos na área de estudo, ainda que tenham sua largura regulamentada varie entre as rodovias estudadas.

Portanto, as distâncias dos cursos d'água relevantes são a de 30 m e a de 130 m. A primeira estabelece a APP ao longo de todos os cursos d'água com menos de 10 m de largura – como são todos os que pertencem à microbacia do Ribeirão João Leite, em estado natural – com óbvia exceção do reservatório. A segunda distância, que estabelece a faixa de 130 m, forma-se com a adição dos 100 m além da APP. A faixa de 130m se constitui no "buffer" a ser configurado no SIG, conforme pode ser visto na figura 4, que demonstra, em detalhe, a

malha viária que se localiza dentro do “buffer”. Em ambos os casos desprezou-se a largura do curso d'água.

A segunda informação a ser obtida consistiu em estabelecer a extensão dos segmentos rodoviários para os quais se recomenda a implantação das barreiras de proteção, com o objetivo de dimensionar, previamente, os recursos necessários à sua implantação. Para tal determinaram-se os comprimentos de cada segmento rodoviário localizado dentro do “buffer”, os quais dimensionam previamente os serviços de engenharia envolvidos na construção do sistema, especialmente das defensas e canaletas de drenagem, que podem ser orçadas por quilômetro de extensão. Tais segmentos encontram-se representados na Figura 5.

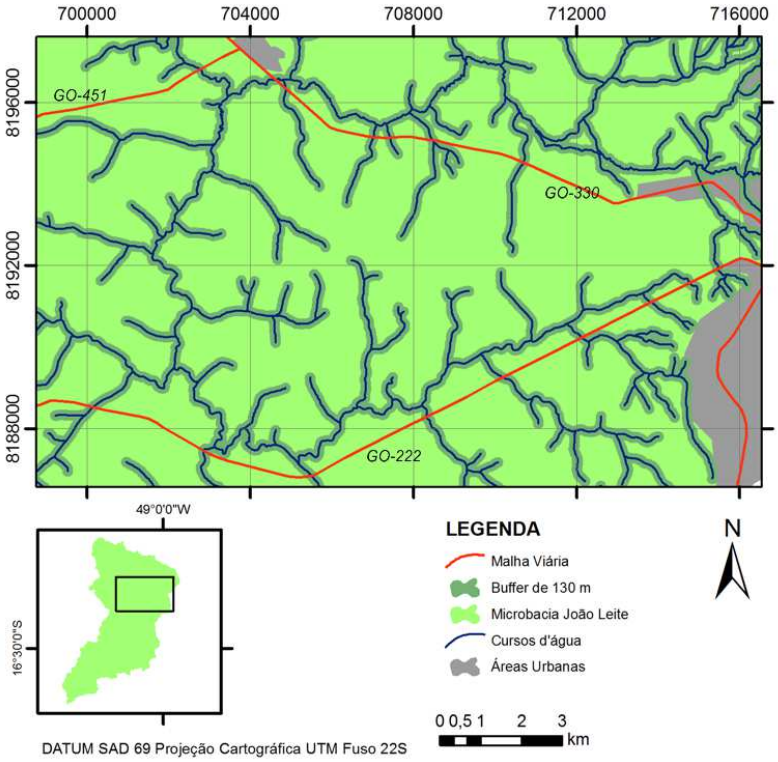

FIGURA 5 - Detalhe do “buffer” de 130 m e sua interseção com a malha viária.

Outra informação necessária é a do número de sistemas a serem construídos, com o intuito de estabelecer o número de caixas de retenção a serem construídas e o número de trechos dos terminais de entrada, proteções às defensas para mitigação dos danos em colisões contra as suas extremidades - as quais devem ser construídas em todos os seus trechos, não importando sua extensão. Estes terminais de entrada devem ser instalados em todas as extremidades, uma vez que as estradas possuem mão dupla.

6. Resultados

Excluindo os trechos da BR-060/153 já atendidos por sistemas de proteção, obtiveram-se os seguintes resultados:

QUADRO 1 - Dimensionamento dos sistemas de proteção por rodovia.

RODOVIA	Trechos dentro do “buffer” (un.)	Extensão dos trechos (m)	Extensão do sistema de proteção (m)

BR 060/153	10	2350	4700
GO 222	10	2930	5860
GO 330	12	4752	9504
GO 451	2	520	1040
GO 466	3	1018	2036

A extensão dos sistemas de proteção abrange a construção às duas margens da rodovia, daí se constituírem no dobro da extensão dos trechos dentro do “buffer”. Todos os trechos rodoviários situados à jusante da barragem foram desconsiderados. A operação acusou a presença de mais um trecho da BR 060/153 próximo ao reservatório – que não recebeu as obras de proteção. Para tal, estimou-se a extensão de 400 m de rodovia a sofrer intervenção, considerando a maior largura da APP no local. Com relação a GO-080, a operação com o SIG não detectou trechos a sofrerem intervenção, mas a proximidade da rodovia com uma densa rede hidrográfica cujo exutório encontra-se bem próximo do ponto de captação requer possivelmente estudos para a obtenção de soluções adequadas de proteção, as quais, não necessariamente, devam ser semelhantes as que foram propostas para as demais rodovias.

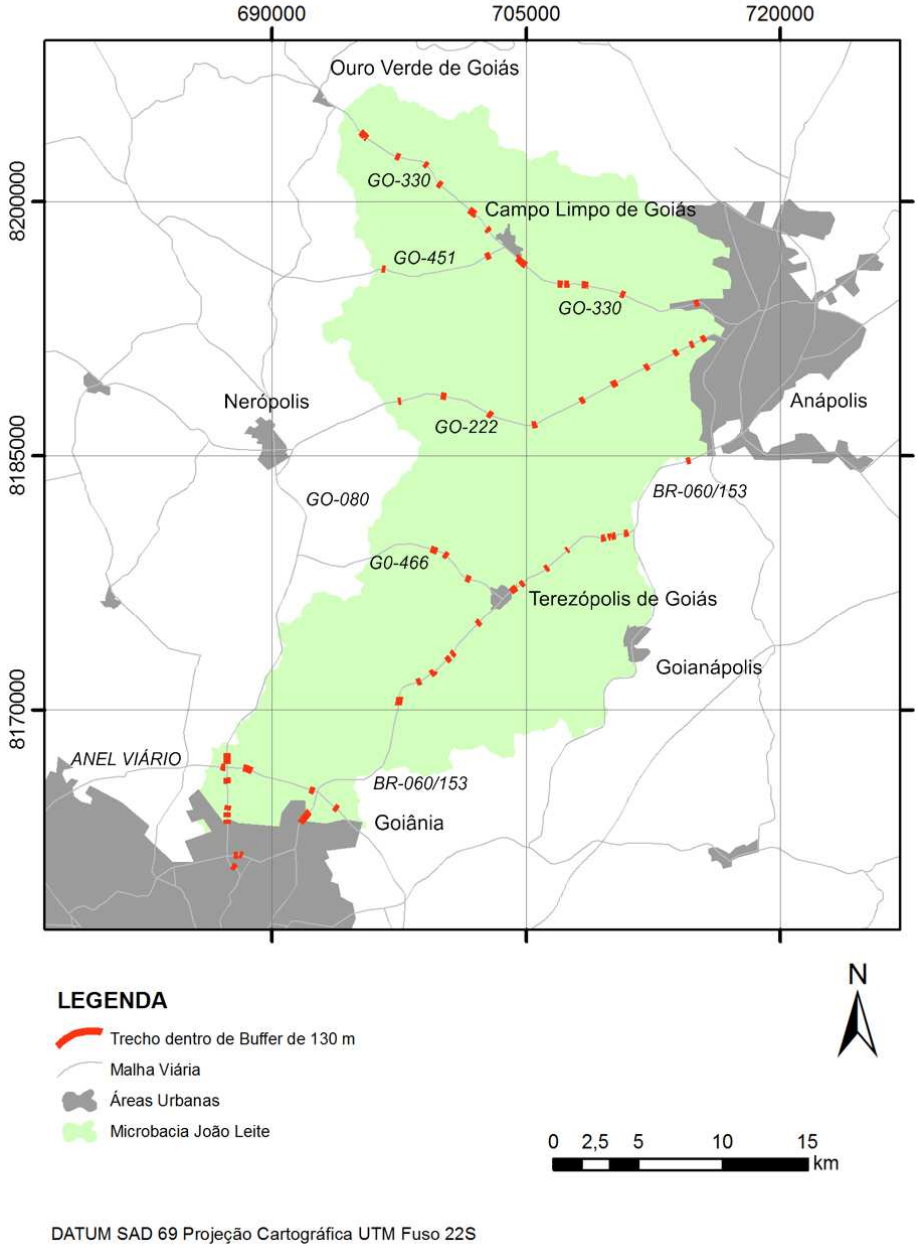

FIGURA 5 - Trechos da malha viária situados dentro do “buffer” de 130 m.

7. Conclusões

O SIG demonstrou ser uma ferramenta que permite o rápido pré-dimensionamento dos trechos críticos das rodovias, os quais merecem atenção especial para a instalação de sistemas que possam conter vazamentos advindos de acidentes rodoviários. Como quaisquer outros sistemas de proteção e de sinalização rodoviária, dados mais precisos dependem de visitas ao local, mas o SIG permite, com rapidez, prever os recursos necessários para as obras. Também foi possível identificar trechos à jusante do reservatório, interceptados pelas GO-080 e Anel Viário Metropolitano. É interessante destacar que, para a BR-060/153, o SIG detectou um quinto trecho crítico, não observado durante a fase de projeto das obras realizadas no local, o que demonstra a relevância das informações obtidas.

Agregar outros critérios de análise espacial, como a topografia, a cobertura vegetal e as características do solo – em razão de sua impermeabilidade e retenção de poluentes – poderá fornecer dados ainda mais precisos a respeito de locais sensíveis ao derramamento das cargas perigosas às margens das rodovias.

8. Referências

ALBUQUERQUE, M.; BARBOSA, A. E.; ALBUQUERQUE, A. **Avaliação do funcionamento de um sistema de tratamento da A23** – Ligação Covilhã (Norte). Actas do 12º ENaSB, 24 a 27 de Outubro de 2006, Cascais, Portugal. Disponível em: <http://www.cmade.ubi.pt/pdf/a_national_conferences/aalb%20-%2012enasb%2006.pdf>, acessado em 14 mar 2012.

Bonnet, B. R. P. **Relações entre qualidade de água e uso do solo em bacias hidrográficas no cerrado brasileiro**: Aspectos físicos e sociais e proposição de diretrizes. Goiânia, 2007 (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Goiás.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 302, de 20 de março de 2002**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/conama/302_02_areas_preservacao_reservatorio.pdf>, acessado em 10 nov 2012.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 303, de 20 de março de 2002**. Disponível em: <http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/legislparcel_17.pdf>, acessado 10 nov 2012.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Manual Rodoviário de Conservação, Monitoramento e Controle Ambientais**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, DNIT, 2005.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Projetos Tipo para Defensas Metálicas**. Rio de Janeiro, DNIT, 2006. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviarias/prodefensas/anexo-i-projetos-tipo-disposicoes-gerais.pdf> e <https://gestao.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviarias/prodefensas/anexo-i-projetos-tipo.pdf>, acessados em 11 nov 2012.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 110/2009.** Rio de Janeiro, 2009.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=52&dados=1>, acessado em 12 dez 2012.

GOIÁS. Saneamento de Goiás S.A. **Projeto Executivo: proteção do reservatório do rib. João Leite contra cargas perigosas**. Goiânia, 2010.

MACEDO, Edivaldo Lins. **Noções de topografia para projetos rodoviários**. Disponível em: <http://www.topografiageral.com/Curso/capitulo%2005.php>, acessado em 11 nov 2012.