Capítulo 3

Utilização de técnicas de mapeamento geotécnico para a avaliação da adequabilidade da bacia do Almada para implantação de obras lineares

Ronaldo Lima Gomes
Eduardo Antonio Gomes Marques

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

GOMES, RL., and MARQUES, EA. Utilização de técnicas de mapeamento geotécnico para a avaliação da adequabilidade da bacia do Almada para implantação de obras lineares. In: MORAES, MEB., and LORANDI, R., orgs. *Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas* [online]. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 57-79. ISBN 978-85-7455-443-3. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

CAPÍTULO 3

Utilização de técnicas de mapeamento geotécnico para a avaliação da adequabilidade da bacia do Almada para implantação de obras lineares

Ronaldo Lima Gomes
Eduardo Antonio Gomes Marques

Introdução

A Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BHRA) localiza-se na região Sul do estado da Bahia, mais precisamente na denominada microrregião de Ilhéus-Itabuna, onde encontra-se área significativa do bioma Mata Atlântica, além de florestas secundárias, restingas e manguezais.

No início da década de 90, com o objetivo de proteger a biodiversidade local, disciplinar o processo de ocupação e assegurar o uso sustentável de seus recursos naturais, foi criada a Área de Proteção Ambiental (APA) da Lagoa Encantada, que englobou grande parte da área da BHRA com sua ampliação em 2003. Tal ampliação justifica-se pela importância da área para a conservação de espécies endêmicas, pela sua diversidade de ecossistemas, beleza cênica e potencial ecoturístico. Recentemente, indo de encontro à afinidade turística da região, a BHRA tornou-se cenário de implantação de grandes empreendimentos, a exemplo de um complexo intermodal de transporte formado por porto, retroárea portuária, ferrovia e rodovia, com o objetivo de criar um corredor de exportação para o escoamento de minérios e grãos do centro-oeste e oeste da Bahia. Atualmente, tal empreendimento encontra-se em fase de licenciamento ambiental e estabelece-se como um debate evidente em todos os setores da sociedade do Sul da Bahia.

Neste contexto, através da aplicação de técnicas de mapeamento geotécnico, este capítulo apresenta um estudo sobre a adequabilidade da BHRA diante da implantação de obras lineares (rodovias, ferrovias, linhas

de transmissão e dutos), considerando suas características do meio físico e de uso e ocupação do solo, além do mapeamento de suas áreas de preservação permanente.

No Brasil, a utilização de técnicas de mapeamento geotécnico que enfatizam o reconhecimento de potencialidades e limitações do terreno em decorrência da implantação de obras lineares é apresentada em diversos trabalhos (Mattos, Rueda e Silva, 2010; Akioosi et al., 2005; Barbosa; Cerri, 2004; Caetano, Ohara e Mattos, 2002; Feres; Lorandi, 1998; Carregá; Balzan, 1998). Com relação aos estudos e práticas de mapeamento geotécnico para implantação de dutos e linhas de transmissão, citam-se os trabalhos de Figueira, Figueira e Rodrigues (2010), Corteletti e Sobreira (2008), Lázaro, Moura e Merigui (2005), Silva e Zaine (2005) e Amarante et al. (2005).

De forma geral, os métodos empregados em trabalhos correlatos anteriormente realizados no Brasil retratam, preferencialmente, as potencialidades e limitações do meio físico diante da implantação de obras lineares, sem considerar, em muitos casos, aspectos ambientais e de uso e ocupação do solo.

Do exposto, o produto final aqui apresentado constitui-se de um mapeamento cartográfico que retrata o panorama de adequabilidades à interveniência de empreendimentos lineares na área de estudo.

Métodos e Técnicas de Pesquisa

O método adotado para a elaboração da carta de adequabilidade à implantação de obras lineares da BHRA apresenta quatro etapas, conforme apresentado na Figura 1 e descrito a seguir.

Em função do tamanho da bacia e da base plani-altimétrica existente, os trabalhos de cartografia foram desenvolvidos na escala 1: 100.000 com a utilização e adaptação dos dados das folhas topográficas SD.24-Y-B-VI (Itabuna-2143), SD.24-Y-B-V (Ibicaraí-2142), SD.24-Y-B-III (Ubaitaba-2099) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A primeira etapa do método visou caracterizar os principais componentes ambientais da BHRA a partir da elaboração de mapas básicos fundamentais (substrato rochoso, solos e uso e ocupação do solo), além de cartas básicas (declividade e hipsometria). Os dados de declividade e hipsometria foram obtidos a partir da análise do MDT (Modelo Digital

do Terreno), gerado pela manipulação de dados matriciais disponíveis pelo TOPODATA. Informações sobre o substrato rochoso da BHRA foram obtidas através de consulta ao “Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – Folha SD.24-Y-B-VI” (ARCANJO,1997). Já os dados de solos foram obtidos do trabalho de Franco (2010).

FIGURA 1 – Fluxograma do método adotado

Fonte: elaborado pelos autores.

Para a apresentação do panorama de uso e ocupação do solo da BHRA, foram utilizadas imagens de satélite LANDSAT 5 TM, órbitas 215/070 e 216/070 de 2011 (Figura 2). Para a manipulação das imagens, incluindo processos de composição de bandas, correções atmosféricas e geométricas, foi utilizado o *software* ERDAS *image* 9.1. Preparada a imagem, iniciou-se o processo de classificação supervisionada, tendo em vista a caracterização do uso e ocupação do solo da bacia.

Ainda nesta etapa, foram adaptados e consolidados dados pré-existent de mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP), formas de relevo e de fragilidades ambientais do terreno. A distribuição de APP foi obtida a partir da manipulação de arquivos digitais (*shapefile*) gerados em trabalhos anteriores (GOMES et al., 2013).

FIGURA 2 – Imagem LANDSAT 5TM, datada de 2011, nas bandas 1(R), 2(G) e 3(B) da Bacia Hidrográfica do Rio Almada

Fonte: elaborado pelos autores, a partir de imagem de satélite LANDSAT 5TM fornecida pelo INPE.

As informações sobre os sistemas e unidades de relevo da BHRA (Figura 4) foram obtidas a partir da manipulação dos arquivos digitais do mapeamento realizado por Silva e Gomes (2010), que aplicaram a técnica de avaliação do terreno na BHRA. Estes dados foram úteis para a espacialização de atributos, tais como profundidade do substrato rochoso, profundidade do nível d'água e espessura de solos. Já o panorama de distribuição das fragilidades ambientais foi obtido a partir do banco de dados geográficos para a BHRA elaborado por Gomes et al. (2013). Neste trabalho, os dados do meio físico e de uso e ocupação do solo foram avaliados visando a determinação das fragilidades e vulnerabilidades do terreno (Figura 5), de acordo com as propostas metodológicas de Ross (1994) e Crepani et al. (1996).

A segunda etapa do método teve como objetivo a interpretação dos dados gerados na etapa anterior, tendo em vista o conhecimento das potencialidades e limitações do meio físico-ambiental para a implantação de obras lineares. Nesse contexto, foram produzidas as cartas interpretativas de profundidade do nível d'água, profundidade do substrato rochoso, textura dos solos, frequência de canais de drenagem, suscetibilidade a erosão laminar e suscetibilidade a escorregamentos. Os dados de profundidade do nível d'água e do substrato rochoso foram obtidos no banco de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGS), desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB). De acordo com o SIAGS, na área da BHRA encontram-se catalogados 14 poços. Para a extrapolação lateral das informações pontuais dos poços, utilizou-se a distribuição das manchas das unidades de terreno. Dessa forma, foram atribuídos valores de profundidade do substrato rochoso e de nível d'água subterrâneo a cada uma das unidades de terreno mapeadas na BHRA. Com relação à textura dos solos, os dados foram obtidos a partir da manipulação das informações geradas pelo mapeamento de solos da BHRA realizado por Franco (2010).

FIGURA 3 – Distribuição das áreas de preservação permanente na Bacia Hidrográfica do Rio Almada

Fonte: GOMES et al. (2013).

FIGURA 4 – Mapa de distribuição dos sistemas e unidades de terreno da Bacia Hidrográfica do Rio Almada

Fonte: SILVA e GOMES (2010).

FIGURA 5 – Distribuição das classes de fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Almada

Fonte: GOMES (2013).

Os dados das unidades de terreno também foram utilizados para a definição da frequência de canais de drenagem, caracterizada pela razão entre o somatório do comprimento de canais de drenagem com a área da unidade de terreno em que se encontram os canais.

O cálculo da perda de solo por erosão foi realizado através da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), proposta por Wischmeier e

Smith (1978), a partir da utilização de parâmetros de erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos, fator topográfico, fator de cobertura vegetal e práticas conservacionistas. Já a distribuição da suscetibilidade a escorregamentos em encostas foi determinada a partir da aplicação do modelo SINMAP (*Stability Index Mapping*), desenvolvido por Pack, Tarboton e Goodwin (1998) e implementado na forma de extensão do ArcGIS 9.2. O resultado da aplicação do SINMAP representa a distribuição de um índice de estabilidade (IE) que define a probabilidade do fator de segurança ser superior ou inferior a 1. Maiores detalhes de execução metodológica para a aplicação da EUPS e do modelo SINMAP na BHRA podem ser obtidos em Gomes et al. (2010).

A terceira etapa do método visou organizar as informações dos atributos do meio físico e de uso e ocupação do solo, definidos nas etapas 1 e 2, em classes de adequabilidade à implantação de obras lineares, de acordo com adaptação da proposta metodológica de Zuquette (1993). Para tanto, os atributos, consolidados sob a forma de Planos de Informação (PI) em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), foram subdivididos em quatro grupos — fator geotécnico, fator geomorfológico, fator geoambiental e fator de uso e ocupação do solo — e tiveram os seus valores e características enquadrados em quatro classes de adequabilidade (favorável, moderada, severa e restritiva), conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 – Ponderação dos atributos físico-ambientais utilizados para a avaliação da adequabilidade à implantação de obras lineares na Bacia do Rio Almada

Fator	Atributo	Classes de adequabilidade			
		favorável	moderada	severa	Restritiva
Geotéc-nico	profundidade do nível d'água subterrâneo (m)	> 5	1 - 5	0,5 - 1	< 0,5
	profundidade do substrato rochoso (m)	> 5	2 - 4	2 - 1	<1
	textura dos solos	arenosa	silto-arenosa	silto-argilosa	Argilosa
	suscetibilidade à erosão laminar - usle (ton/ha/ano)	<10	10 - 50	50 - 200	>200
	suscetibilidade a escorregamentos em encostas - sinmap (ie)	>1,5	1 - 1,5	0,5 - 1	<0,5
Geo-morfo-lógico	declividade (%)	<5	5 - 15	15 - 20	>20
	frequência de canais de drenagem (nº canais/km)	<1	2 - 3	3 - 4	>4
Geoam-biental	fragilidade ambiental	1 - 1,75	1,75 - 2,5	2,5 - 3,25	3,25 - 4,0
Uso e ocupa-ção do solo	presença de APP				APP
	uso e ocupação do solo	áreas de-gradadas e pastagens	gramíneas	floresta associada à cultura	áreas úmidas e floresta

Fonte: adaptado de Zuquette (1993).

Por fim, a quarta etapa visou a elaboração da Carta de Adequabilidade à Implantação de Obras Lineares na Bacia Hidrográfica do Rio Almada. Para tanto, foi estabelecido um peso para cada classe de adequabilidade, sendo: favorável (1), moderada (2), severa (3) e restritiva (4). Em seguida, em ambiente SIG, aplicou-se a álgebra de mapas com o objetivo de estabelecer o

valor médio de adequabilidade para cada um dos quatro fatores estudados. Posteriormente, os fatores foram somados e foi calculada a média representativa de adequabilidade dos quatro fatores avaliados. A equação 1, apresentada a seguir, demonstra o algoritmo utilizado na ponderação dos atributos.

$$AIOL = [(NH + SR + TS + SL + SE)/5] * 0,25 + [(DE + FD)/2] * 0,25 + FA * 0,25 + [(AP + US)/2] * 0,25$$

em que: AIOL= adequabilidade à implantação de obras lineares; NH= profundidade do nível d'água; SR= profundidade do substrato rochoso; TS= textura dos solos; SL= suscetibilidade à erosão laminar; SE= suscetibilidade à escorregamentos em encostas, DE= declividade, FD= frequência de canais de drenagem; FA= fragilidade ambiental; AP= presença de APP; e US= uso e ocupação do solo.

Após o conhecimento da distribuição das adequabilidades à implantação de obras lineares na área em estudo, aplicou-se rotina de apoio à decisão, no sentido de avaliar as rotas mais favoráveis à implantação de obras lineares na BHRA.

Para tanto, foram selecionados dez pontos de saída e chegada, abrangendo sedes municipais, pontos de entrada e saída de rodovias, pontos estratégicos associados a centros de pesquisa e universidades. Em seguida, foi criada uma superfície de atrito com a adaptação dos dados gerados pelo mapa de adequabilidade à implantação de obras lineares. A superfície de atrito estabelece o grau de dificuldade de transposição, ou seja, os custos associados com o movimento através do terreno (trajeto) exercido por valores/pesos impostos às classes de adequabilidade mapeadas.

Para a criação da superfície de atrito, utilizou-se a extensão *Spatial Analyst* do *software* ArcGIS 9.3, mais especificamente o módulo *Cost Distance*.

Por este procedimento, inicialmente, o *grid* de informações das classes de adequabilidade foi correlacionado a valores de atrito, em que se atribui à classe favorável o valor de atrito básico igual a 1; à classe de adequabilidade moderada, valor de atrito igual a 100; à classe de adequabilidade severa, valor de atrito igual a 800; e à classe restritiva, valor de atrito igual a 1.000. Por esta ponderação, as classes de adequabilidade severa e restritiva recebem elevados valores de atrito no sentido de evitar que o traçado calculado cruze áreas do terreno contendo atributos de qualidade construtiva indesejáveis associados a áreas com restrições ambientais.

Aspectos físico-ambientais da bacia do rio Almada

A maior parte da BHRA é formada por um substrato rochoso cristalino, de idade pré-cambriana, agrupado, de acordo com Arcanjo (1997), no Domínio Coaraci-Itabuna, que compreende os Complexos Ibicarái-Buerarema, São José e Almadina, onde ocorrem, além de granitoides granulitizados tipo Ibirapitanga-Ubaitaba, magmatismos de idade brasiliana, representados pela suíte intrusiva Itabuna por corpos de básicas intrusivas e por diques máficos. Com relação às coberturas sedimentares fanerozoicas, estas englobam os sedimentos mesozoicos da Bacia Sedimentar do Rio Almada, os sedimentos Tércio-quaternários da Formação Barreiras e os sedimentos recentes das Planícies Quaternárias.

Quanto às formas de relevo, os modelados de acumulação associam-se, principalmente, a formas de acumulação marinha (cordões arenosos e planícies costeiras), acumulações fluviais (depósitos de canal e de planícies aluvionares), praias e mangues atuais. Já os modelados de dissecação referem-se às unidades de relevo resultantes do processo de dissecação de rochas do embasamento cristalino e de sedimentos mesozoicos da Bacia Sedimentar do Rio Almada (GOMES et al., 2010).

De acordo com o mapeamento realizado por Franco (2010), os principais tipos de solos da BHRA em termos de primeiro nível categórico são: neossolos, plintossolos, gleissolos, argissolos, cambissolos e vertissolos.

Com relação ao panorama de uso e ocupação do solo, as áreas antropizadas (pastagens, gramíneas, solo exposto e áreas urbanas/vilas) correspondem a aproximadamente 22% da área total da BHRA, enquanto as áreas de mata, cabruca e manguezal correspondem a 77%. O restante, 1%, refere-se a áreas de superfície aquática associadas à rede de drenagem da bacia e da Lagoa Encantada. Já os dados de suscetibilidade à erosão laminar remetem a um cenário em que as classes de adequabilidade severa e moderada associam-se às áreas mais íngremes do relevo, ocorrentes de forma predominante na porção oeste da bacia. Comportamento semelhante dá-se com relação aos dados de suscetibilidade a escorregamentos em encostas, nos quais, de forma geral, as classes de adequabilidade moderada, severa e restritiva ocorrem associadas às encostas íngremes do relevo serrano na porção oeste da bacia.

Adequabilidade dos atributos físico-ambientais à implantação de obras lineares

A adequabilidade à implantação de obras lineares de cada atributo, obtida a partir da classificação dos valores apresentados na Tabela 1, pode ser visualizada no mosaico da Figura 6.

De acordo com a Figura 6a, as características de profundidade do nível d'água subterrâneo apresentam valores de adequabilidade favorável à moderada em grande parte da bacia. De forma geral, os valores favoráveis associam-se às porções mais elevadas do relevo, enquanto a classe de adequabilidade moderada associa-se aos fundos de vale. Já a classe de adequabilidade severa possui a sua ocorrência controlada pela distribuição dos sedimentos mesozoicos da Bacia Sedimentar do Rio Almada e dos sedimentos recentes inconsolidados da planície costeira, podendo aumentar a restrição em áreas de ocorrência de alagamentos, predominantemente localizadas nas proximidades da calha do rio Almada em seu trecho costeiro.

A análise da adequabilidade da profundidade do substrato rochoso remete a uma distribuição na área da BHRA, controlada pela espessura de materiais inconsolidados que repousam sobre da amostra impenetrável à percussão (Figura 6b). Nesse contexto, na área de ocorrência do substrato cristalino, a adequabilidade varia de favorável a severa em função da litologia presente, do tipo de modelado do relevo e dos aspectos climáticos. A porção oeste da bacia, que apresenta valores de índices pluviométricos anuais inferiores aos da porção litorânea, possui a tendência de apresentar perfis de materiais inconsolidados de pequena espessura e baixa maturidade textural, apresentando-se, muitas vezes, pedregosos. Tais características podem ser observadas nos perfis localizados nas proximidades do município de Almadina, onde o substrato rochoso, formado por metassedimentos granulitizados, sustenta um relevo de morros e serras. Por outro lado, as litologias granítico-gnáissicas, localizadas em relevo serrano, ocorrente entre os municípios de Coaraci e Itajuípe, apresentam espessos perfis de alteração que podem chegar a 15 m. Já nas partes central e costeira da bacia predomina a adequabilidade moderada em função do aumento de espessura dos perfis de alteração do substrato cristalino e da profunda cota do impenetrável na área da planície costeira.

Com relação à adequabilidade da textura dos solos (Figura 6c), pode-se afirmar que os solos predominantemente arenosos, como os espodosso-

los e neossolos quartzo areníticos, estão localizados na porção litorânea da bacia. E os luvisolos ocorrem na porção oeste da mesma. A adequabilidade severa ocorre associada a solos de textura predominantemente argilosa, a exemplo das áreas de domínio dos argissolos, dispersas pela bacia.

O panorama da suscetibilidade à erosão laminar na BHRA (Figura 6d), calculado a partir da aplicação da equação universal de perda de solo, remete a um cenário em que as classes de adequabilidade severa e moderada associam-se às áreas mais íngremes do relevo, ocorrentes de forma predominante na porção oeste da bacia. Comportamento semelhante se dá com relação à adequabilidade da suscetibilidade a escorregamentos em encostas (Figura 6e), onde, de forma geral, as classes de adequabilidade moderada, severa e restritiva ocorrem associadas às encostas íngremes do relevo serrano da porção oeste da bacia.

Com relação à análise dos atributos do fator geomorfológico, quanto à declividade (Figura 6f), as classes de adequabilidade severa e restritiva ocorrem de forma mais expressiva na porção oeste da BHRA, mais precisamente a partir de Itajuípe, onde predominam morros e serras com amplitudes que variam de 200 a 600 m e topos que alcançam altitudes de até 1.040 m. Nas outras partes da bacia, de forma mais proeminente, ocorrem as classes de adequabilidade favorável à moderada com bolsões de adequabilidade severa associadas a zonas de morros isolados e distribuídos na porção nordeste em área da Serra do Conduru. Já com relação à adequabilidade da frequência dos canais de drenagem, esta ocorre de forma favorável em grande parte da bacia (Figura 6g).

No que diz respeito ao fator geoambiental, a distribuição das classes de adequabilidade severa e restritiva associa-se, predominantemente, a trechos de declividades superiores a 20%, situados na porção oeste da bacia, e a áreas de ocorrência de substrato rochoso sedimentar, relacionado aos sedimentos mesozoicos e também aos inconsolidados recentes (Figura 6h). A classe de adequabilidade moderada predomina na BHRA em áreas associadas à distribuição do substrato rochoso cristalino e onde, preferencialmente, desenvolvem-se as classes de solos dos latossolos e argissolos. Já a classe de adequabilidade favorável associa-se às calhas da rede de drenagem em virtude das baixas declividades.

Com relação à vulnerabilidade e fragilidades das tipologias de uso e ocupação do solo (Figura 6i), ocorre na BHRA o predomínio das classes de adequabilidade favorável e moderada em função da grande extensão dos domínios de “cabruca” e áreas antropizadas por pastagens, áreas urbanas e

solo exposto. As classes de adequabilidade severa e restritiva associam-se a porções da bacia cobertas por florestas e APP.

FIGURA 6 – Distribuição das adequabilidades dos fatores geotécnicos, geomorfológicos, geoambientais e de uso e ocupação do solo na BHRA

Fonte: elaborado pelos autores.

Nota: os tons coloridos representam as adequabilidades da seguinte forma: verde (favorável), amarela (moderada), laranja (severa) e vermelha/rósea (restritiva).

A Figura 7 apresenta a Carta de Adequabilidade à Implantação de Obras Lineares na Bacia Hidrográfica do Rio Almada, obtida a partir da interação da adequabilidade dos fatores geotécnico, geomorfológico, geoambiental e de uso e ocupação do solo, conforme a álgebra de mapas definida na equação 1.

Observa-se que a BHRA apresenta uma maior concentração de adequabilidades severas e restritivas nas porções oeste, norte e leste. A porção oeste apresenta restrições vinculadas à extensa ocorrência de APP (áreas com declividade superior a 45° e os topos de morros), tais áreas são constituídas por argissolos e mata densa. Já, a porção norte tem suas adequabilidades severa e restritiva controladas pela ocorrência de relevo íngreme e solos argilosos. A porção leste tem a sua adequabilidade severa controlada pela extensa ocorrência de sedimentos inconsolidados arenosos, aliada à presença de nível freático raso e espodosolos, além da existência de APP como áreas úmidas e manguezais e do Parque Estadual da Serra do Conduru.

Em seguida, tendo em vista a avaliação das alternativas de traçado, foi criada uma superfície de atrito com a adaptação dos dados gerados pelo mapa de adequabilidade à implantação de obras lineares. A superfície de atrito estabelece o grau de dificuldade de transposição, ou seja, os custos associados com o movimento através do terreno (trajeto) exercido por valores/pesos impostos às classes de adequabilidade mapeadas. Para a criação da superfície de atrito, utilizou-se a extensão *Spatial Analyst* do *software* ArcGIS 9.3, mais especificamente o módulo *Cost Distance*.

Após a atribuição dos valores de atrito às classes de adequabilidade, com o intuito de evitar que o traçado cruze áreas de qualidade construtiva indesejável, foram selecionadas as rotas que cruzam os terrenos mais adequados do ponto de vista geotécnico, geomorfológico, de uso e ocupação do solo e, além disso, interceptando, em casos extremos, áreas de preservação permanente.

A avaliação das rotas de menor atrito, que interligam pontos contidos na BHRA (Figura 8), demonstra o cenário em que o acesso às cidades de Almadina e Coaraci, localizadas na porção oeste da área, deve ter, preferencialmente, suas rotas associadas ao fundo de vale do canal principal do rio Almada, respeitando-se os limites de APP. Na parte leste da bacia, as rotas sugeridas ocorrem, preferencialmente, cruzando terrenos com cobertura de pastagens e evitando a intersecção com áreas úmidas, consideradas de preservação permanente. Tais condições interferem no traçado de acesso pela parte central da bacia, a área

pleiteada para construção do Complexo Intermodal. Já a parte central da bacia apresenta as melhores alternativas de interligação entre os pontos estudados, principalmente por apresentar relevo, solos e substrato mais favoráveis, além da ocorrência de maior cobertura da cabruca e áreas de pastagens.

FIGURA 7 – Carta de Adequabilidade à Implantação de Obras Lineares na Bacia Hidrográfica do Rio Almada

Fonte: elaborado pelos autores, a partir dos mapas apresentados na Figura 6.

FIGURA 8 – Carta de Rotas Favoráveis à Implantação de Obras Lineares na Bacia Hidrográfica do Rio Almada

Fonte: elaborado pelos autores, a partir dos mapas apresentados na Figura 7.

Considerações Finais

A Carta de Adequabilidade à Implantação de Obras Lineares na Baía Hidrográfica do Rio Almada foi obtida a partir de aplicação de método baseado nos pressupostos conceituais e aplicação de técnicas de Mapeamento Geotécnico apoiadas em ferramentas de SIG. Tal procedimento, além de utilizar atributos tradicionais associados às características do meio físico, incorporou dados de atributos provenientes das características de uso e ocupação do solo, incluindo dados referentes à aplicação de legislação ambiental a partir do reconhecimento da distribuição de APP na área de estudo. Dessa forma, tornou-se possível a apresentação do panorama de adequabilidades à interveniência de empreendimentos lineares, a exemplo de linhas de transmissão, dutos, rodovias e ferrovias, sob a ótica da análise integrada do meio. Por fim, partindo-se da premissa da importância deste tipo de informação para órgãos públicos, privados e usuários de interesse, ressalta-se algumas limitações e adequações, a exemplo da escala regional a semi-regional (1:100.000) adotada por este trabalho e a não avaliação de dados construtivos específicos a cada tipo de obra linear.

Referências

- AKIOSSI, A. et al. Ajuste do traçado de projeto rodoviário a partir da utilização da carta de restrições ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 11., 2005, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis, SC, 2005. p. 1-14. v. 1.
- AMARANTE, A. et al. Utilização do geoprocessamento no estudo de alternativas de traçado de linhas de transmissão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 11, 2005, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis, SC, 2005. p. 1 – 8. v. 1.
- ARCANJO, J. B. A. **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil**. Itabuna. Folha SD.24-Y-B-VI. Estado da Bahia – Escala 1:100.000. Brasília: CPRM, 1997. 276 p.
- BARBOSA, T. T. A.; CERRI, L. E. S. Carta geológico-geotécnica para empreendimentos rodoviários a partir de métodos de investigação de superfície, na escala 1:25.000. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 5., 2004, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos, SP: SUPREMA, 2004. p. 1 – 9. v. 1.
- CAETANO, N. R.; OHARA, T.; MATTOS, J. T. Mapeamento de propriedades geológicas e geotécnicas do meio físico, a partir de sensoriamento remoto, para planejamento de rodovias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 10., 2002, Ouro Preto, MG. **Anais...** Ouro Preto, MG, 2002. p. 1 -14. v. 1.
- CARREGÁ, D.; BALZAN, G. Cartografia geotécnica no planejamento urbano de obras viárias: aplicação ao município de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 3., 1998, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis, SC, 1998. p. 1 -18. v. 1.
- CORTELETTI, R.; SOBREIRA, F. G. Análise comparativa de impactos ambientais para a concepção de traçados de gasodutos e linhas de transmissão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 12., 2008, Porto de Galinhas, PE. **Anais...** Porto de Galinhas, PE, 2008. p. 1 - 12. v.1.
- CREPANI, E. et al. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996.

FERES, R.; LORANDI, R. Adequabilidade do terreno de fundo de vale do igarapé Maternidade (Rio Branco-AC) como suporte para obras viárias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 3., 1998, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis, SC, 1998. p. 1 - 11. v. 1.

FIGUEIRA, E. G.; FIGUEIRA, I. F. R.; RODRIGUES, A. C. M. Cartografia geotécnica aplicada a faixas de dutos - emprego de novas geotecnologias em estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 7., 2010, Maringá, PR. **Anais....** Maringá, PR, 2010. p. 1 -14. v. 1.

FRANCO, G. B. **Diagnóstico da fragilidade ambiental e da qualidade da água da bacia do rio Almada, Bahia.** 2010. 206 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Área de Concentração Geotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

GOMES, R. L. et al. **Implantação do laboratório de análise e planejamento ambiental da UESC. Projeto piloto: avaliação da qualidade ambiental da bacia do rio Almada e área costeira adjacente.** Relatório Final. Ilhéus, BA: FAPESB, 2010. 104 p.

GOMES, R. L. Avaliação da fragilidade ambiental e vulnerabilidade natural à perda de solo da bacia hidrográfica do rio Almada. **Boletim de Geografia (Online)**, Maringá, v. 31, n.3, p. 41-53, 2013.

GOMES, R. L. et al. Panorama do uso e ocupação do solo presente nas áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do rio Almada - BA. **Revista de Geografia**, Recife, v. 30, n.3, p. 98-115, 2013.

LÁZARO, A.; MOURA, P. R. M.; MERIGHI, J. Avaliação e gestão de riscos geológico-geotécnicos em obras lineares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 11., 2005, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis, SC, 2005. p. 1 -14. v. 1.

MATTOS, J. T.; RUEDA, J. R. T.; SILVA, A. R. Classes de capacidade e suporte do meio físico para o traçado de obras civis lineares, utilizando o processo de análise geoambiental em dados de sensoriamento remoto orbital. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 7., 2010, Maringá, PR. **Anais...** Maringá, PR, 2010. p. 1- 8 . v. 1.

PACK, R. T.; TARBOTON, D. G.; GOODWIN, C. N. **Terrain stability mapping with SINMAP, technical description and users guide for version 1.00**. Report Number 4114-0. Salmon Arm, British Columbia, Canadá: Terratech Consulting Ltd., 1998. Disponível em: <<http://www.tclbc.com>>. Acesso em: 24 jul. 2015.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 8, p. 3-74, 1994.

SILVA, D. M. B.; ZAINE, J. E. Caracterização geológica e geomorfológica como subsídio à implantação de gasodutos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 11., 2005, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis, SC, 2005. p. 1 - 8. v. 1.

SILVA, G. S.; GOMES, R. L. Aplicação da técnica de avaliação do terreno e análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Almada. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 35, p. 240-259, 2010.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1978. Agriculture Handbook, 537.

ZUQUETTE, L. V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração**. São Carlos, SP. 1993. 2 v. Tese de Livre Docência – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.