

ESTUDO DOS CONDICIONANTES DO MEIO FÍSICO COMO SUBSÍDIO NA ELABORAÇÃO DE CARTAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO NO MUNICÍPIO DE CUBATÃO (SP).

Érica Mantovani de Oliveira¹ (Integrante do PRH-ANP/FINEP/MCT-CTPETRO, PRH-05, Universidade Estadual Paulista - Unesp-Rio Claro/SP), Leandro Eugenio da Silva Cerri² (Professor Adjunto - Unesp-Rio Claro/SP), José Eduardo Zaine³ (Professor Assistente Doutor - Unesp-Rio Claro/SP)

¹mantovani_geo@yahoo.com.br

²lescerri@rc.unesp.br

³jezaine@rc.unesp.br

Resumo: O presente artigo refere-se ao estudo dos condicionantes do meio físico, com o intuito de subsidiar a elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (CSAO) em regiões interioranas, atendendo a necessidade de se definir uma metodologia para a elaboração de tais cartas nestas regiões; ao contrário das cartas SAO elaboradas em regiões costeiras e marítimas. A área estudada localiza-se no Município de Cubatão (SP), a qual possui ambientes bastante heterogêneos como é o caso da região serrana com remanescentes da Mata Atlântica (protegida pelo Parque Estadual da Serra do Mar), da região de Planície caracterizada por manguezais e área urbana. Estes ambientes são atravessados por diversas dutovias que transportam diferentes produtos, principalmente petróleo. Apesar dos constantes avanços nos sistemas de segurança operacional, acidentes envolvendo dutos são muito frequentes no Estado de São Paulo, representando uma grande ameaça à qualidade ambiental. As cartas SAO podem auxiliar na redução das consequências ambientais do vazamento e tornar eficientes os esforços de contenção e limpeza/remoção, além de auxiliar em análises e avaliações ambientais, planos de contingência em casos de emergência e gerenciamento de riscos, prevenindo acidentes. Para definir quais os condicionantes do meio físico que devem estar presentes em uma carta de sensibilidade ambiental em regiões interioranas utilizou-se o método de Unidades Básicas de Compartimentação (UBC), obtendo-se como produto, uma carta com os condicionantes do meio físico para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental na área estudada. O método adotado é um procedimento utilizado para a elaboração de cartas geológico-geotécnicas, baseando-se na interpretação de produtos de sensoriamento remoto (imagens de satélite e fotografias aéreas) e no princípio de análise de terreno, seguindo três etapas: 1ª Etapa: Compartimentação Fisiográfica para a obtenção das UBCs; 2ª Etapa: Caracterização das UBCs e; 3ª Etapa: Cartografia Temática Final. Com a utilização deste método e alguns critérios adotados, obteve-se, ainda, uma carta expressando a sensibilidade do meio físico, na área estudada. Esta expressão da sensibilidade é uma abstração, ou seja, um exercício mental no qual foram atribuídos diferentes graus de sensibilidade a distintos elementos de um único componente ambiental, no caso o meio físico. Este exercício mental objetivou verificar como as diferentes características do meio físico poderiam influenciar a sensibilidade de uma carta de sensibilidade ambiental da área de estudo. Entretanto, entende-se que para a elaboração de uma carta SAO deve-se expressar esta sensibilidade analisando-se o meio físico, o meio biótico e o meio socioeconômico de forma integrada. Considerando-se os produtos obtidos e segundo a metodologia adotada, acredita-se que as informações contidas em cartas geológico-geotécnicas convencionais podem ser as mesmas utilizadas na elaboração das cartas de sensibilidade ambiental.

Dutovias 1, Sensibilidade Ambiental 2, Cartografia Geológico-Geotécnica 3

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o meio ambiente é cenário de grandes preocupações de todos os setores da sociedade, principalmente de pesquisadores e profissionais que atuam diretamente nesta área. Esta preocupação está relacionada com a organização do espaço, de modo que as mudanças agredam o mínimo possível o meio ambiente. A partir disto vários estudos sobre impactos ambientais estão sendo realizados com o propósito de avaliar e proteger as regiões mais sensíveis em relação às modificações antrópicas.

Apesar dos constantes avanços nos sistemas de segurança operacional, sejam eles relativos à exploração ou ao transporte de petróleo e derivados, a ocorrência de acidentes nesse ramo de atividade ainda são muito frequentes. Derrames de óleo têm representado uma ameaça importante para a qualidade ambiental tanto de regiões costeiras quanto de regiões interioranas.

Para as regiões costeiras, são elaboradas cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo (cartas SAO). Estas cartas constituem um componente essencial e fonte de informação primária para o

planejamento de contingência e avaliação de danos em casos de derramamento de óleo (Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2002) e podem ser usadas por governos, portos terminais e empresas de petróleo (Panorama Ambiental, 2005).

De acordo com o MMA (2002) as cartas SAO representam uma ferramenta fundamental para o balizamento das ações de resposta a vazamentos de óleo, pois identificam ambientes com prioridade de preservação e permitem o direcionamento dos recursos disponíveis e das equipes de contenção, limpeza e remoção, reduzindo as consequências ambientais do vazamento além de visar à proteção da vida humana.

Nas regiões interioranas, as cartas de sensibilidade ambiental ainda não estão sendo desenvolvidas, mas despertam o interesse das empresas de petróleo e de órgãos que trabalham diretamente com o Meio Ambiente como é o caso da Petrobras e da CETESB. Por isso a importância em se definir os condicionantes do meio físico para subsidiar tais cartas, já que acidentes envolvendo dutos são muito frequentes, sejam eles de petróleo ou de seus derivados (Tabela 1).

Tabela 1: Exemplos de acidentes envolvendo dutos

Local	Ano	Material envolvido	Fonte
S. B. do Campo (SP)	1982	Óleo Combustível	CETESB (2005)
S. B. do Campo (SP)	1983	Gasolina	CETESB (2005)
Cubatão (SP)	1984	Gasolina	Freitas <i>et al</i> (1995)
Bertioga (SP)	1984	Óleo	CETESB (2005)
Guararema (SP)	1987	Óleo Combustível	CETESB (2005)
Campinas (SP)	1990	Óleo	CETESB (2005)
Cubatão (SP)	1992	Óleo	Bayardino (2004)
São Sebastião (SP)	1994	Óleo	CETESB (2005)
S. José dos Campos (SP)	1994	Óleo Combustível	CETESB (2005)
Baía de Guanabara (RJ)	1997	Óleo Combustível	Bayardino (2004)
São José dos Campos (SP)	1998	Óleo Combustível	CETESB (2005)
São Paulo (SP)	1998	Gás Natural	CETESB (2005)
Manaus (AM)	1999	Óleo	Bayardino (2004)
Cubatão (SP)	2000	Óleo Combustível	CETESB (2005)
Araucária (PR)	Jan / 2000	Óleo	Bayardino (2004)
Araucária (PR)	Jul / 2000	Óleo	Bayardino (2004)
Baía de Guanabara (RJ)	2000	Óleo Combustível	Bayardino (2004)
Barueri / Tamboré (SP)	2001	Óleo Combustível	CETESB (2005)
Barueri (SP)	2001	GLP	CETESB (2005)
Araucária (PR)	2001	Óleo Diesel	AmbienteBrasil (2001)
São Paulo (SP)	2002	Gás Natural	CETESB (2005)
São Sebastião (SP)	2004	Óleo	Bayardino (2004)

O Município de Cubatão insere-se em uma área de ambientes bastante heterogêneos, como é o caso da região serrana e da região de planície (Figura 1). A região serrana é composta basicamente por migmatitos, gnaisses e xistos e possui remanescentes da Mata Atlântica protegida pelo Parque Estadual da Serra do Mar. A região de planície é caracterizada por sedimentos marinhos (areias e argilas), possuindo manguezais e a maior parte da área urbana.

Este Município apresenta várias linhas de dutos que transportam petróleo e derivados e já foi alvo de acidentes, como foi o caso ocorrido na Vila Socó em 1984 (gasolina) e nas escarpas da serra em 2000 (óleo combustível).

Acidentes envolvendo dutos nesta região ainda podem ocorrer provocando danos aos meios físico, biológico e socioeconômico. Desta forma, uma carta de sensibilidade ambiental nesta área, poderia auxiliar em análises e avaliações ambientais, planos de contingência em casos de emergência e gerenciamento de riscos, prevenindo acidentes.

Desta forma o objetivo do presente artigo é definir os condicionantes do meio físico de interesse à elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (Cartas SAO) em áreas continentais. E avaliar se as informações que as cartas geológico-geotécnicas convencionais possuem podem ser as mesmas utilizadas na elaboração das cartas SAO em regiões interioranas.

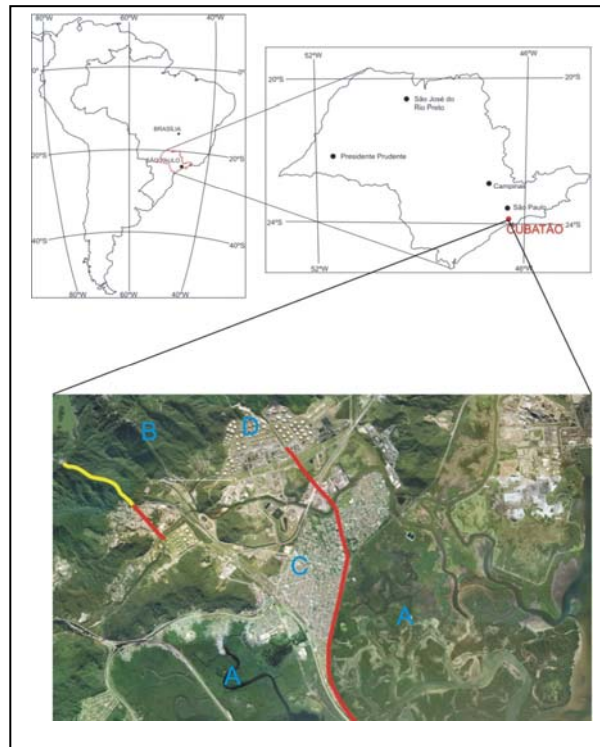


Figura 1: Localização da área de estudos. Os dutos estudados estão representados pelos traçados em vermelho (dutos enterrados) e em amarelo (duto exposto). A = manguezal; B = Serra do Mar; C= área urbana; D = Refinaria Presidente Bernardes (RPBC).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Cartas de Sensibilidade Ambiental para o derramamento de Óleo (Cartas SAO)

Os derramamentos de óleo são eventos que oferecem riscos ao meio ambiente e à segurança humana. De acordo com Poffo *et al.* (2001) o petróleo é considerado perigoso e no caso de sua liberação, há possibilidades de danos materiais e humanos, enfermidades ou até mortes, resultante da exposição de pessoas, animais ou vegetais.

Em regiões costeiras os derramamentos de óleo estão relacionados a acidentes envolvendo navios, píer ou terminais e, segundo Castro *et al.* (2005) seus impactos comprometem não só a integridade da paisagem natural, como também as atividades econômicas, os investimentos realizados pela sociedade e o sustento das comunidades locais.

Diante desta realidade o Ministério do Meio Ambiente (MMA) desenvolveu especificações e normas técnicas para a elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo (Cartas SAO) em regiões costeiras e marítimas.

Para o MMA (2002) as Cartas SAO constituem um componente essencial e fonte de informação primária para o planejamento de contingência e avaliação de danos em casos de derramamento de óleo. Representam um instrumento fundamental para o balizamento das ações de resposta a vazamentos de óleo, na medida em que, ao identificar aqueles ambientes com prioridade de proteção (ambientes mais sensíveis), permitem o direcionamento dos recursos disponíveis e a mobilização mais eficiente das equipes de proteção e limpeza.

Os principais objetivos da resposta a derramamentos de óleo são: proteger a vida humana; reduzir as consequências ambientais do vazamento e; tornar eficientes os esforços de contenção e remoção do óleo. Desta forma, as cartas SAO são utilizadas como ferramenta principalmente nas seguintes situações (MMA, 2002):

- Planos de contingência: no planejamento de prioridades de proteção, estratégias de contenção/limpeza e quantificação dos recursos necessários no combate a derramamentos;

- Operações de combate a derramamentos de óleo: possibilitando a avaliação geral de danos e facilitando a identificação dos locais sensíveis, rotas de acesso, áreas de sacrifício e quantificação e localização de equipamentos de resposta;
- Planejamento ambiental: na avaliação de recursos que possam estar em perigo, podendo ser um componente valioso de um estudo de impacto ambiental, auxiliando na definição de locais de instalação de empreendimentos para a indústria de petróleo. De modo mais específico, reforça os instrumentos políticos e administrativos de ordenamento territorial.

As Cartas SAO incluem três tipos de informações principais: meio físico, meio biótico e meio socioeconômico (MMA, 2005) e devem atender a todos os níveis de derramamentos de óleo, desde grandes até localizados.

Nas regiões interioranas, os maiores problemas envolvendo derrames de óleo e derivados estão associados à dutovias. Apesar da grande tecnologia associada aos dutos, acidentes relacionados com este meio de transporte de óleo e derivados ainda são frequentes (Tabela 1).

A CETESB vem registrando acidentes envolvendo dutos no Estado de São Paulo desde 1980 (Figura 2) com a maior parte concentrando-se na região metropolitana (Figura 3). Os impactos negativos causados ao meio ambiente por estes vazamentos compreendem, de maneira geral, a contaminação de solos, águas subterrâneas, rios, fauna e flora da área, além de colocar em risco a vida humana.

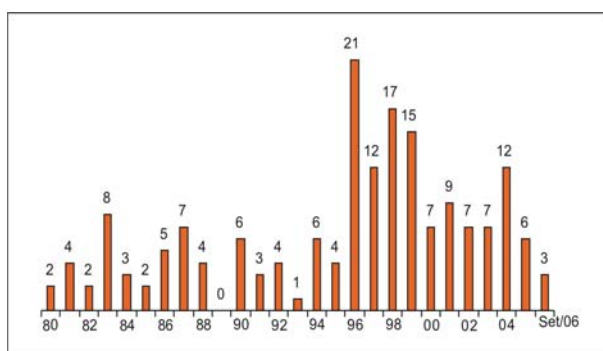


Figura 2: Acidentes Ambientais por dutos registrados pela CETESB, no estado de São Paulo (1980 – set/2006). Fonte: CETESB, 2006.

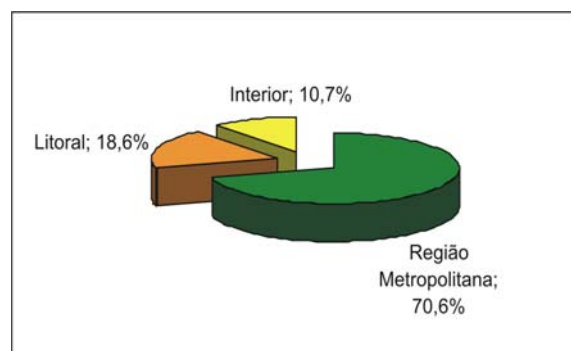


Figura 3: Acidentes Ambientais por dutos distribuídos pelo Estado de São Paulo (1980 - set/2006). Fonte: CETESB, 2006.

Embora as cartas de sensibilidade ambiental, para estas regiões, ainda não estejam sendo desenvolvidas, já estão despertando o interesse das empresas de petróleo como é o caso da Petrobras e de órgãos que trabalham diretamente com o Meio Ambiente, como por exemplo, a CETESB.

Mendes *et al.* (2005) desenvolveram uma Metodologia para Análise de Riscos Ambientais (MARA) a qual é utilizada para reconhecer áreas que podem ser impactadas por vazamentos em oleodutos e permitir o suporte ao planejamento da emergência. Nesta metodologia fica implícito o papel do meio físico (solo, rocha e água), o qual deveria ter maior relevância, já que as regiões interioranas são muito heterogêneas e os dutos interceptam diferentes formações geológicas, com os tipos de solos e condições hidrogeológicas e fenomenológicas a elas associados. Tais materiais apresentam características próprias, gerando diferentes comportamentos à mesma solicitação.

Desta forma, a metodologia para a elaboração das cartas SAO para regiões costeiras e marítimas e os atributos considerados, devem ser distintos de uma Carta de Sensibilidade Ambiental para regiões interioranas, pois os condicionantes são diferentes.

Para regiões interioranas, as Cartas de Sensibilidade Ambiental, poderiam auxiliar não só em análises e avaliações ambientais, definição de áreas sensíveis, planos de contingência e operações de combate, mas, em gerenciamento de risco, prevenindo os acidentes.

2.2 Cartas e / ou mapas Geológico-Geotécnicos

As cartas e/ ou mapas geológico-geotécnicos consistem num instrumento técnico de grande importância para a conciliação entre as atividades humanas e o meio físico que lhe dá suporte. De acordo com Prandini *et al.* (1995 *apud* Comissão Técnica de Cartografia Geotécnica e Geoambiental - CTCG 2004) as cartas geotécnicas expressam, na prática, o conhecimento geológico aplicado ao enfrentamento dos problemas causados pelo uso e ocupação da terra, orientando medidas preventivas e corretivas para minimizar os danos ambientais e os riscos aos próprios empreendimentos.

A cartografia geotécnica é uma representação gráfica das limitações e potencialidades do Meio Físico, em que as informações (de natureza variável em função dos objetivos da carta) são apresentadas através da delimitação de zonas homogêneas (Augusto Filho *et al.*, 1990).

Dentro da denominação de cartografia geotécnica incluem-se diversos tipos de cartas e mapas, derivados ou com finalidades específicas, tais como, cartas de suscetibilidade, cartas de risco, cartas de aptidão e cartas de atributos ou parâmetros. Os documentos cartográficos podem ser utilizados para as mais diversas finalidades: obras civis, planejamento urbano, territorial e ambiental, desenvolvimento, conservação e gestão do meio ambiente, avaliação de eventos perigosos e riscos associados (Zuquette e Gandolfi, 2004).

Segundo Vedovello (2000) a aplicação da cartografia geotécnica em estudos e atividades de gestão ambiental contempla a obtenção de diferentes tipos de produtos, os quais podem ser diferenciados em dois grupos principais: os produtos voltados à avaliação de áreas naturais e os produtos voltados à avaliação de áreas já ocupadas e antropizadas. No primeiro grupo, incluem-se as cartas geotécnicas que representam as fragilidades e as potencialidades do terreno. No segundo grupo estão as cartas geotécnicas que apresentam a situação do terreno quanto a modificações ou conflitos geoambientais.

No presente artigo, enfatiza-se que o produto gerado inclui-se no primeiro grupo de cartas geotécnicas (avaliação de áreas naturais – cartas com caráter de fragilidades e potencialidades do terreno). Tal opção deve-se ao fato de que as informações com esse caráter são frequentemente, as primeiras a serem demandadas pelas equipes de gestores ambientais (Vedovello, 2000).

3. METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos, utilizou-se o Método da Utilização de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) para a definição de Unidades Geotécnicas.

De acordo com Vedovello e Mattos (1998) este método consiste na elaboração de carta geotécnica, com base na interpretação de produtos de sensoriamento remoto (imagens orbitais e fotografias aéreas) e na utilização de princípios de Análise de Terreno.

O procedimento compreende 3 etapas: 1º Etapa: Compartimentação Fisiográfica; 2º Etapa: Caracterização geotécnica e; 3º Etapa: Cartografia Temática Final (Vedovello, 2000).

A etapa de **Compartimentação Fisiográfica** permite definir Unidades Básicas de ompartimentação (UBCs), as quais constituem a base para a determinação das unidades geotécnicas. A etapa de **Caracterização Geotécnica** consiste em determinar, para cada unidade obtida na etapa anterior, propriedades e características dos materiais (solos, rochas, sedimentos) e das formas (tipos de relevo e processos morfogenéticos) do meio físico que sejam determinantes das condições geológico-geotécnicas relevantes para a aplicação pretendida. Já a etapa de **Cartografia Temática Final** refere-se à classificação das unidades de compartimentação quanto a fragilidades ou potencialidades do terreno. Essa classificação é feita com base na análise das propriedades e/ou características do meio físico obtidas na etapa de caracterização geotécnica e determinadas por meio de critérios ou regras de classificação estabelecida para cada aplicação pretendida (Vedovello, 2000).

4. RESULTADOS

Por meio do Método da utilização de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs), para a definição de Unidades Geotécnicas, método proposto por Vedovello (2000), elaborou-se uma carta, em escala 1:25.000, contendo 6 Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs), 10 Sub-Unidades e um quadro síntese com as características de cada UBC - **Condicionantes do Meio Físico** (Figura 4 e Tabela 2).

Com relação às sub-unidades, estas foram demarcadas para verificar a influência de suas características na sensibilidade do meio físico de uma mesma unidade (UBC), sendo representadas por algarismos arábicos de 1 a 6, seguidos por uma letra minúscula indicando o grau de sensibilidade (a = alto, m= médio e b = baixo).

A sensibilidade do meio físico foi expressa em alta, média e baixa, diferentemente da classificação das cartas de sensibilidade ambiental em áreas costeiras, a qual classifica a sensibilidade em uma escala de 1 a 10 e, também, da Metodologia proposta por Mendes *et al.* (2005) - MARA, que classifica em uma escala de 1 a 8.

A definição da sensibilidade foi diferenciada, pois os critérios e condicionantes utilizados são distintos e só abordaram um aspecto do meio ambiente (meio físico). Para uma classificação em diversas classes, seria necessário um estudo mais detalhado, com escalas maiores.

Esta expressão da sensibilidade é uma abstração, ou seja, um exercício mental no qual foram atribuídos diferentes graus de sensibilidade a distintos elementos de um único componente ambiental, no caso o meio físico. Este exercício mental objetivou verificar como as diferentes características do meio físico poderiam influenciar na sensibilidade de uma carta de sensibilidade ambiental da área de estudo. Entretanto, entende-se que para a elaboração de uma carta de sensibilidade ambiental deve-se expressar esta sensibilidade analisando-se o meio físico, o meio biótico e o meio socioeconômico de forma integrada.

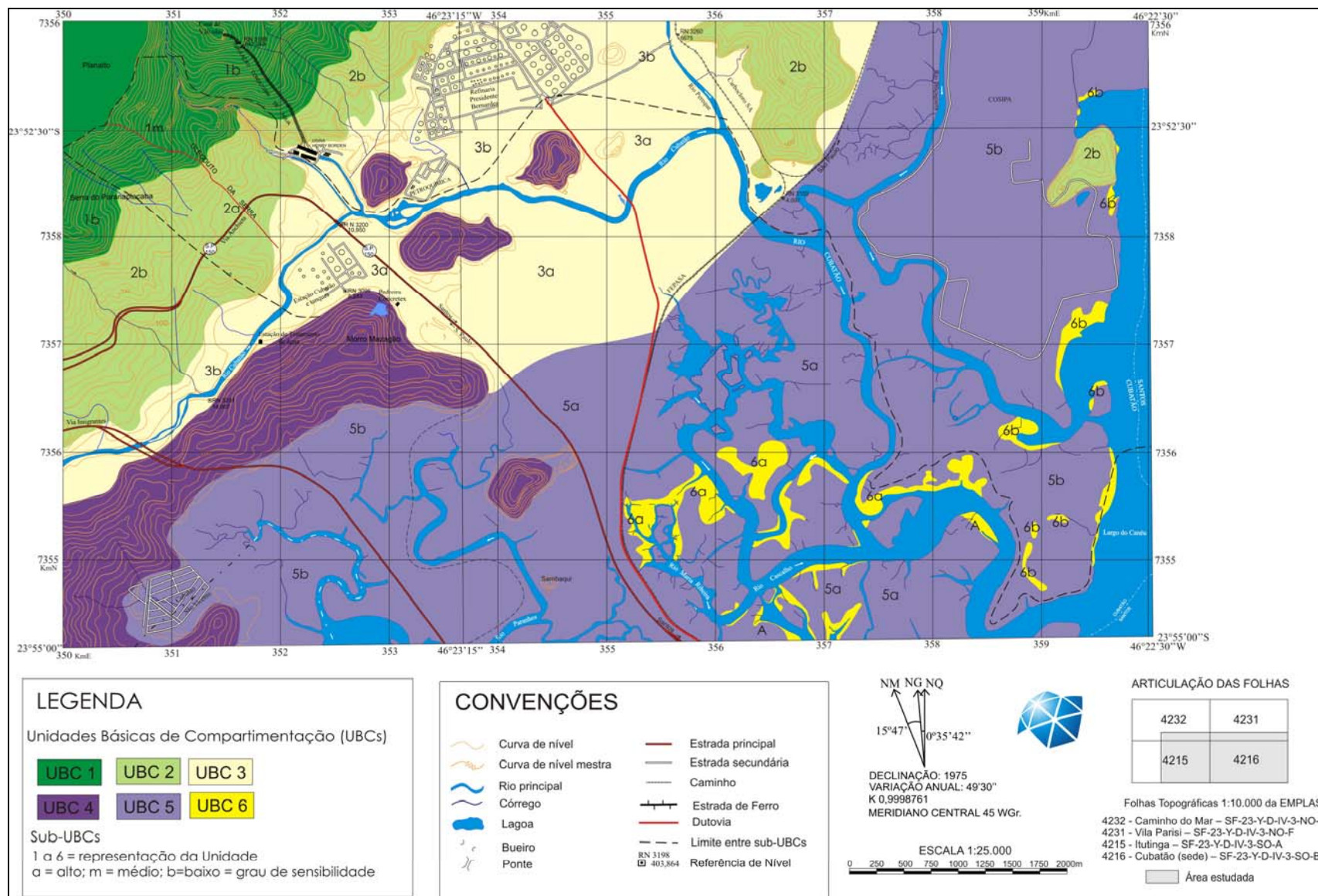


Figura 4: Carta de Unidades Básicas de Compartimentação

Tabela 2: Quadro Síntese com as Características das Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs)

Tabela 2: Quadro Síntese com as Características das Unidades Básicas de Comparamentação (UBCs)									
UBC	Sub - UBC	Geomorfologia	CARACTERÍSTICAS					Processos do Meio Físico	Sensibilidade do Meio Físico em relação à posição do duto
			Hidrologia	Geologia	Material inconsolidado	Outras Características			
UBC 1	1a	Declividade alta (inclinação aproximada de 70°). Vários lineamentos estruturais. Topos extensos e arredondados. Vertentes côncavas. Vales em "V"	Alta densidade de drenagem, padrão dendrítico. Drenagens encaixadas nas fraturadas. Elevado escoamento superficial	Milonito gnaiss e intensamente fraturado	Solo argiloso de pequena espessura	Porosidade baixa. Permeabilidade baixa. Boa infiltração (área de recarga). N.A. > 40 a 50 metros na Imigrantes (ARAUJO & GERALDO, 1978) e 13 metros na Anchieta (RODRIGUES, 1992). Fluxo (a grosso modo): Norte para Sul em direção ao Rio Cubatão (RODRIGUES, 1992). Vegetação: Mata Atlântica.	Escorregamento. Rastejo. Queda de Blocos	MÉDIA	
	1m							BAIXA	
UBC 2	2a	Declividade média. Topos extensos e arredondados. Vertentes côncavas. Vales em "V"	Densidade de drenagem moderada. Padrão sub-dendrítico. Drenagens encaixadas nas fraturadas. Moderado escoamento superficial	Xisto fraturado	Solo areno-siltoso de pequena espessura	Porosidade moderada. Permeabilidade moderada. Boa capacidade de recarga do aquífero. Bom potencial de retenção do contaminante N.A. ~ 13 metros na Anchieta (RODRIGUES, 1992). Fluxo (a grosso modo): Norte para Sul em direção ao Rio Cubatão (RODRIGUES, 1992). Vegetação: Mata Atlântica.	Escorregamento. Rastejo. Corrida de Massa	ALTA	
	2b							BAIXA	
UBC 3	3a	Relevo Suave (área de Planície)	Baixa densidade de drenagem. Padrão retangular – meandrante. Baixo escoamento superficial	Depósito aluvionar: areno - argiloso		Porosidade alta. Permeabilidade alta. Boa capacidade de recarga do aquífero. Alta vulnerabilidade de contaminação do aquífero. Bom potencial de retenção do contaminante N.A. ~ 0,60 metros. Área urbanizada. Vegetação secundária de pequeno porte - gramíneas.	Alagamento (áreas de acúmulo de água)	ALTA	
	3b							BAIXA	
UBC 4		Declividade média. Topos restritos e arredondados	Baixa densidade de drenagem. Baixo escoamento superficial	Granito-gnaiss e xistos (MACHADO FILHO, 2000)	Solo areno-siltoso de pequena espessura	Porosidade moderada. Permeabilidade moderada. Vegetação: Mata Atlântica e secundária como eucaliptos	Escorregamento. Rastejo	BAIXA	
UBC 5	5a	Relevo Suave (área de Planície)	Alta densidade de drenagem. Padrão meandrante	Depósito Marinho – argiloso escuro		Porosidade alta. Permeabilidade baixa. Alta vulnerabilidade de contaminação. Bom potencial de retenção do contaminante N.A. ~ 0,60 metros. Área urbanizada. Vegetação: mangue	Alagamento (áreas de acúmulo de água)	ALTA	
	5b							BAIXA	
UBC 6	6a			Depósito Marinho – arenoso (bolsões de areia)		Porosidade alta. Permeabilidade alta. Alta vulnerabilidade de contaminação. Bom potencial de retenção do contaminante N.A. aflorante. Área urbanizada. Vegetação: manque		ALTA	
	6b							BAIXA	

Para definir a sensibilidade do meio físico atribui-se critérios (Tabela 3) baseados nas características das UBCs (condicionantes do meio físico) como: declividade, escoamento superficial (faixa atingida pelo óleo), características dos materiais presentes (descontinuidades, porosidade, permeabilidade, capacidade de recarga do aquífero e potencial de retenção do contaminante) e fluxo subterrâneo (a grosso modo).

Tabela 3: Critérios de classificação de sensibilidade do meio físico

Sensibilidade	Critério de sensibilidade	Exemplo UBCs
Alta	Local vulnerável à contaminação, com declividade moderada a baixa, moderado a baixo escoamento superficial, permeável ou não, com capacidade de recarga do aquífero ou não, bom potencial de retenção do contaminante.	1, 2, 3, 5 e 6
Média	Local vulnerável a contaminação, declividade moderada a alta, elevado escoamento superficial, permeável ou não, com capacidade de recarga do aquífero.	1
Baixa	Local com nula ou baixa vulnerabilidade de contaminação.	2, 3, 4, 5 e 6

Observa-se que todas as UBCs, com exceção da 4, possui diferentes sensibilidades. Essa diferença ocorre devido ao posicionamento do duto e da vulnerabilidade ao derramamento de óleo de cada área. Por isso a necessidade em se definir sub-unidades.

As sub-UBCs foram demarcadas através da observação das fotografias aéreas, das ortofotos e do mapa topográfico e, de acordo com a declividade, do fluxo superficial e subsuperficial da água (a grosso modo), imaginando-se as áreas atingidas por óleo, em caso de acidente (vulnerabilidade). Assim, destaca-se que é evidente que a localização do oleoduto é fator determinante para a definição da sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo.

Definiu-se desta forma, pois não existe nenhuma metodologia para se determinar a faixa de domínio de um duto. Contudo entende-se que esta deva ser traçada de acordo com as características cada área estudada, considerando-se que cada local possui materiais diferentes, com características distintas.

5. CONCLUSÃO

Os acidentes envolvendo dutos constituem uma fonte potencial de contaminação dos componentes do meio físico (solo, rocha e água). Este fato está intimamente relacionado com a peculiaridade que os dutos apresentam quanto ao aspecto longitudinal, interceptando diferentes formações geológicas, com os tipos de solos e condições hidrogeológicas e fenomenológicas a elas associados. Podem, ainda, atravessar várias cidades, propriedades rurais, estradas, diversas bacias hidrográficas e extensas áreas de recarga.

As cartas de sensibilidade ambiental constituem fonte de informação primária para o planejamento de contingência e avaliação de danos em casos de derramamento de óleo. Representam uma ferramenta fundamental para o balizamento das ações de resposta a vazamentos de óleo, na medida em que, ao identificar aqueles ambientes com prioridade de preservação (ambientes sensíveis), permitem o direcionamento dos recursos disponíveis e a mobilização mais eficiente das equipes de proteção e limpeza.

Com a aplicação do método proposto por Vedovello (2000), obteve-se uma carta contendo os condicionantes do meio físico (geologia, geomorfologia, hidrologia, materiais inconsolidados, etc.) que podem subsidiar a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo (Figura 4 e Tabela 2).

A declividade, fluxo superficial e subsuperficial, características do solo/rocha (descontinuidades, porosidade, permeabilidade, capacidade de recarga do aquífero e potencial de retenção do contaminante) e o fluxo subterrâneo são os condicionantes do meio físico que devem estar presentes em uma carta de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo, em ambiente continental.

A permeabilidade do substrato estabelece uma correlação direta com a infiltração, portanto, com a permanência do óleo no meio; quanto maior o diâmetro das partículas dos sedimentos do substrato, sua esfericidade e a sua uniformidade, tanto mais profunda será a infiltração do contaminante. Associando-se estes fatores com a declividade e os fluxos da água (superfície e subsuperfície), maior será a área atingida pelo óleo.

A consideração da dinâmica do meio físico é imprescindível em uma carta de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo em regiões interioranas, uma vez que seus processos podem atingir os dutos e desencadear vazamentos. Desta forma, as cartas de sensibilidade ambiental em áreas interioranas não devem ser documentos usados apenas depois do acidente, mas, também, para preveni-los.

Além dos condicionantes do meio físico e dos processos associados, é de suma importância conhecer as características físico-químicas do material liberado e o seu comportamento de acordo com os materiais e as estruturas geológicas presentes na área em questão, bem como as possíveis interações entre as partículas do solo

e o contaminante. O método adotado trouxe grande contribuição em termos de custos, tempo e aplicabilidade, pois não requer uma multiplicidade de produtos (mapa geomorfológico, pedológico, geológico, etc.) os quais são cruzados diretamente ou em associações específicas, sucessivas, por vezes com atribuições e pesos, até chegar a um mapa final. O método apresenta uma análise integrada dos elementos ambientais (relevo, solo, rocha, etc.), os quais são individualizados em unidades únicas que refletem limites concretos no espaço, gerando um mapa final.

Considerando-se os produtos obtidos e segundo esta metodologia, acredita-se que as informações contidas em cartas geológico-geotécnicas convencionais podem ser as mesmas utilizadas na elaboração das cartas de sensibilidade ambiental. Isso porque o mapeamento geológico-geotécnico analisou de forma conjunta o comportamento e as propriedades do meio físico (características geotécnicas) com os materiais presentes na área (geologia).

6. AGRADECIMENTOS

A autora Érica Mantovani de Oliveira agradece o apoio financeiro da Agência Nacional do Petróleo – ANP -, da Financiadora de Estudos e Projetos – Finep e do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo e Gás – PRH-NA/MCT.

7. REFERÊNCIAS

- AUGUSTO FILHO, O.; CERRI, L. E. S.; MACEDO, E. S. Carta Geotécnica da Serra do Mar. In: CBGE, Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia In: IX COBRASEF, 1990, *Anais*, v. 6, p. 297-306
- BAYARDINO, R. A.. **A Petrobrás e o desafio da sustentabilidade ambiental**/Monografia. Instituto de economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004, 65 p.
- CASTRO, A. F.; AMARO V. E.; VITAL, H. Desenvolvimento de um banco de dados geográficos em um ambiente SIG e sua aplicação na elaboração de mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo em áreas costeiras do estado do Rio Grande do Norte. In: 11º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, SBSR, 2003, pp. 1533 – 1540.
- COMISSÃO TÉCNICA DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL – CTCG.. Diagnóstico Preliminar da Cartografia Geotécnica e Geoambiental no Brasil. In: SCGG. Simpósio de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 2004, v.5, 20p.
- FREITAS, C. M.; PORTE, M. F. S.; GOMEZ, C. M. Acidentes químicos ampliados: um desafio para a saúde pública. **Saúde Pública**. v. 29, n. 6, p. 503-514, 1995.
- INTERNET: AMBIENTEBRASIL. Disponível em <<http://www.ambientebrasil.com.br/>> e acessado em 27/10/2006
- INTERNET: CETESB. Emergências Químicas: aspectos físicos e químicos. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/oleo/a_fisicos.asp> e acessado em 03/02/2005
- INTERNET: CETESB. Emergências Químicas: Transporte por dutos. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/oleo/intemperismo.asp>> e acessado em 27/10/2006
- INTERNET: Panorama Ambiental - Publicação define Normas para elaborar mapas de sensibilidade ambiental – Brasília (DF), 2005. Disponível em: <http://www.pick-pau.com.br/panorama/2005/2005.01.14/publicacao_define_normas.htm> e acessado em 03/02/2005
- MENDES, R. F.; MINNITI, V.; LOPES, C. F.; MILANELI, J.; TORRES, C.; YOGUI, R.; RODRIGUES, G.; MARIZ, E.. MARA - Elaboração de Metodologia para Análise dos Riscos Ambientais. In: Rio Pipeline Conference & Exposition, 2005
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamento de óleo**. 2002.
- POFFO, I. R. F.; XAVIER, J. C. M.; SERPA, R.R. 2001. A História dos 27 anos de Vazamento de Óleo no Litoral Norte do Estado de São Paulo (1974-2000). **Rev. Meio Ambiente Industrial**. v. 30, p. 98-104
- VEDOVELLO, R.; MATTOS, J. T. A utilização de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) como base para a Definição de Unidades Geotécnicas. Uma Abordagem a partir de Sensoriamento Remoto. In: SBCG. Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, *Anais* (CD), 1998, v3.
- VEDOVELLO, R. **Zoneamentos Geotécnicos Aplicados à Gestão Ambiental, a partir de Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs**. / Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- ZUQUETTE, LÁZARO VALENTIN; GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica**. São Paulo: Oficina de Texto, 2004. 190 p.

STUDY OF PHYSICAL ENVIRONMENT'S CONDITIONERS OF SUBSIDIZE TO THE CONSTRUCTION OF ENVIRONMENT SENSITIVITY TO OIL SPILL CHARTS IN CUBATÃO CITY (SP)

The present paper's aim is to define the physical environment's conditioners of interest to the construction of Environment Sensitivity to oil Spill Charts (SAO Charts) on inland areas. Hence, a Geotechnical Cartography Methodology has been adopted for an area of Cubatão City, Serra of the Mar, São Paulo. It has also been evaluated whether the information contained in standard geological-geotechnical charts can be the same used to build SAO charts. Through the use of the Basic Compartment Units (BCUs) method, the following cartographic documents, on a 1: 25,000 scale, were made: a BCUs Chart accompanied by a synthesis table of the physical environment conditioners and a physical environment sensitivity chart. The obtained results enable us to affirm that the information contained in standard geological-geotechnical charts can be used in the making of SAO charts.

Keywords: *Pipe-Lines, Environment Sensitivity, Geotechnical Cartography.*