

APLICAÇÃO METODOLÓGICA PARA SELEÇÃO DE ÁREAS PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS CERÂMICOS. ESTUDO DE CASO: PORTO FERREIRA – SP

Rosemi Ferreira da SILVA ¹, Cláudio Jorge CANÇADO ², Reinaldo LORANDI ³,
Valdir Aparecido GALIANO ⁴, Marco Antônio Albano MOREIRA ³

(1) Laboratório de Geociências, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Rodovia Washington Luís, km 235. CEP 13565-905. São Carlos, SP. Endereço eletrônico: rosemika@zipmail.com.br. (2) Universidade do Estado de Minas Gerais. Rua José Sérgio de Paula, 172/201. CEP 31910-270. Belo Horizonte, MG. Endereço eletrônico: ccancado@uai.com.br. (3) Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Rodovia Washington Luís, km 235. CEP 13565-905. São Carlos, SP. Endereços eletrônicos: lorandi@power.ufscar.br ; marco@power.ufscar.br. (4) Rua Alfredo Américo da Silva, 48. CEP 13660-000. Porto Ferreira, SP. Endereço eletrônico: pvag@iris.ufscar.br.

Introdução
Objetivo
Caracterização da Área
Metodologia
Documentos Cartográficos Produzidos
Carta Clinográfica
Mapa de Materiais Inconsolidados
Materiais Inconsolidados Residuais da Formação Corumbataí
Materiais Inconsolidados Retrabalhados da Formação Corumbataí
Materiais Inconsolidados Residuais da Formação Pirambóia
Materiais Inconsolidados Retrabalhados da Formação Pirambóia
Materiais Inconsolidados Residuais Espessos das Rochas Intrusivas Básicas
Materiais Inconsolidados Retrabalhados das Rochas Intrusivas Básicas
Materiais Inconsolidados Residuais Rasos das Rochas Intrusivas Básicas
Materiais Inconsolidados Residuais da Formação Pirassununga
Materiais Inconsolidados Retrabalhados da Formação Pirassununga
Materiais Inconsolidados Residuais da Formação Santa Rita do Passa Quatro
Materiais Inconsolidados das Áreas de Aluvião
Carta de Potencial de Escoamento Superficial
Carta Para Seleção de Áreas para Disposição de Resíduos Sólidos Industriais Cerâmicos
Definição das Áreas Preferenciais à Instalação de Aterros Industriais Cerâmicos
Conclusão
Referências Bibliográficas

RESUMO – As questões relativas à disposição final dos resíduos sólidos gerados pelas indústrias cerâmicas do Município de Porto Ferreira, Estado de São Paulo, têm crescido e se agravado a ponto de representarem, atualmente, um dos mais preocupantes problemas daquela municipalidade. A maior parte dos resíduos, além de não receberem nenhum tipo de tratamento, apresentam uma destinação final prejudicial para o meio ambiente, nos comumente conhecidos como lixões. A solução proposta para tal problema foi o aterro industrial. O presente trabalho utiliza uma metodologia de mapeamento geotécnico específico para seleção de sítios voltados à disposição de resíduos, usando como recursos técnicas de geoprocessamento na análise de atributos ambientais estabelecidos a partir de dados geotécnicos preexistentes. Como resultado, produziu-se uma carta de zoneamento específica para seleção dessas áreas, que poderá servir de subsídio para o planejamento municipal, uma vez que os resultados poderão ser usados como um instrumento de auxílio à execução de empreendimentos que irão modificar o uso do solo daquele município. Através da carta de zoneamento ficou demonstrado, de forma prática e clara, que apenas 9,6% da área do Município foi considerada favorável, do ponto de vista geotécnico. Quanto à real escolha, faz-se necessário ainda uma segunda fase de estudos, buscando um maior refinamento relacionado ao meio físico da área de disposição final.

Palavras-chave: Geologia de Engenharia, Mapeamento geotécnico, Geoprocessamento, Áreas de disposição de resíduos industriais, Materiais inconsolidados.

ABSTRACT – R.F. da Silva, C.J. Cançado; R. Lorandi, V.A. Galiano, M.A.A. Moreira – Application of a methodology for the selection of sites for disposition of solid residues produced by ceramic industries. Case study: Porto Ferreira, SP. The issues related to the final disposition of the solid residues generated by the ceramic industries of Porto Ferreira, State of São Paulo, have been growing and worsened to the point of representing, now, one of the most preoccupying problems of that municipality. Most of the residues, besides not receiving any kind of treatment, have a final destination harmful for the environment areas known as *lixões* (landfills). The solution proposed for such a problem was sanitary embankments. The present paper describes the use of a methodology of specific geotechnical mapping for the selection of sites for residues disposition, employing techniques of geoprocessing in the analysis of environmental attributes established from pre-existing geotechnical data. As result, a specific zoning chart for selection of areas to dispose industrial ceramic solid residues was obtained, that may subside the municipal planning, once the results can be used as an instrument of support in the execution of enterprises that will modify the use of the soil of that municipal district. Through the zoning chart it is demonstrated, in a practical and clear manner, that only 9.6% of the area of this municipal district is considered favorable, from a geotechnical point of view. Insofar as the real choice, a second phase of study is necessary, searching for more refinement related to the physical aspect of the area of final disposition.

Keywords: Engineering Geology, geotechnical mapping, geoprocessing, areas of disposition of industrial residues, unconsolidated materials.

INTRODUÇÃO

A disposição final de resíduos sólidos, orgânicos e inorgânicos é um dos sérios problemas que afetam as sociedades modernas, pois, quando resíduos sólidos são dispostos de maneira inadequada (lixões ou aterros controlados), podem ocorrer uma série de impactos adversos relacionados à saúde pública, poluição do solo, poluição das águas (superficiais e subterrâneas), assoreamento e no fenômeno das inundações.

Uma das formas de minimizar esses impactos é a seleção de áreas geotecnicamente adequadas para implantação de aterros sanitários em condições de clima tropical, representadas por terrenos de média permeabilidade, declividades inferiores a 15%, material inconsolidado com textura areno-argilosa ou argilo-arenosa, escoamento superficial laminar, alta evapotranspiração, entre outros atributos.

Por outro lado, a disposição segura não depende apenas das características do local selecionado, mas também de um projeto realista, que incorpore técnicas adequadas e ambientalmente compatíveis com a realidade da área escolhida e, ainda, da operação correta do aterro.

Os resíduos industriais cerâmicos possuem um forte poder impactante, devido principalmente à presença de metais pesados (Cu, Pb, Mn, Co, Ti, Nb, Sb, V, Zn, Fe etc.), substâncias tóxicas que, por lixiviação, mesmo em concentrações muito baixas (ppm a ppb), podem provocar a contaminação das águas subterrâneas (Moraes & Marra, 1995). Assim, sua posterior disposição a céu aberto pode originar sérios problemas de poluição ambiental, bem como provocar o aparecimento de problemas relacionados à saúde pública, os quais podem se restringir tanto a áreas bem localizadas, como podem se dispersar por enormes extensões, uma vez que alguns lixões encontram-se próximos a áreas de inundação ou próximos ao Rio Mogi-Guaçu, ampliando consideravelmente a gravidade do problema.

Visando subsidiar ações de planejamento e adequado controle de resíduos sólidos industriais (RSI), especialmente da indústria cerâmica, o presente estudo busca desenvolver estudos para a melhor escolha de áreas para aterros considerando atributos do meio físico e utilizando um *software* SIG como ferramenta de trabalho.

OBJETIVO

O desenvolvimento das atividades de pesquisa, que resultaram no trabalho que ora se apresenta, foi realizada com o objetivo de aplicar procedimentos de mapeamento geotécnico nos terrenos do Município de

Porto Ferreira (SP), em escala 1:50.000, para a delimitação de áreas com características favoráveis à disposição de resíduos sólidos cerâmicos, sob a forma de aterro industrial.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área escolhida como objeto de estudo foi o Município de Porto Ferreira (SP), que se localiza na região Sudeste do Brasil, estando inserida na região geoeconômica do Alto Mogi e na microrregião do município de Pirassununga (Figura 1). Este município abrange uma área de 244 km², está delimitado pelas coordenadas 21°45' e 21°56' S e 47°33' e 47°20' WGr e possui limites políticos com os municípios de Santa Rita do Passa Quatro, Pirassununga, Santa Cruz das Palmeiras e Descalvado.

De acordo com o sistema de Köppen (Cançado et al., 2002), o clima da região é do tipo Cwa, isto é, mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, com a temperatura média do mês mais frio inferior a 18° C e a do mês mais quente superior a 22° C, sendo que, do ponto de vista de balanço hídrico, há uma nítida distinção entre as estações seca (maio a setembro) e chuvosa (outubro a abril). As principais formações florestais

correspondem ao cerradão, cerrado, mata mesófila e mata ciliar.

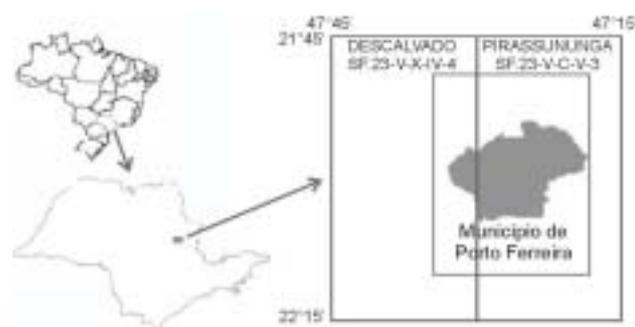


FIGURA 1. Mapa geográfico de localização.

Segundo o mapeamento geológico efetuado pelo IG (1981, 1984), a área estudada situa-se na Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná e está representado pelas seguintes formações: Corumbataí (siltitos e argilitos), Pirambóia (arenitos), Intrusivas Básicas (diabásios), Santa Rita do Passa Quatro (areias), Pirassununga (areias e conglomerados) e Depósitos Recentes (areias, argilas).

Em termos de divisão geomorfológica, a área encontra-se inserida dentro da Unidade Morfoescultural Depressão Periférica Paulista, onde está representada pela Unidade Morfológica Depressão Moji-Guaçu, que apresenta as seguintes características: formas de relevo denudacionais, cujo modelado constitui-se basicamente por colinas de topos tabulares planos, altimetrias predominantes entre 500 e 650 m, declividades predominantes entre 5 e 10% e padrão de dissecação baixo, com vales pouco entalhados (Ross & Moroz, 1997).

De acordo com os resultados publicados pelo IG/CETESB/DAEE (1997), nota-se que, entre os sistemas aquíferos da região envolvendo as bacias dos rios Mogi-Guaçu, Pardo e Grande, o sistema Botucatu-Pirambóia é o que apresenta os maiores índices de vulnerabilidade, por sua constituição arenosa, baixo teor de argila e caráter homogêneo. Nessa unidade, o maior índice de vulnerabilidade, Alto-alto (Aa), é encontrado nos vales onde predominam profundidades de nível d'água menores que 10 m, enquanto que nas regiões onde o

lençol freático chega a alcançar até 20 m de profundidade, a classificação é de índice Alto-baixo (Ab).

Com base no mapa das formações geológicas de superfície compilados por Silva (2002), observa-se que no município de Descalvado ocorrem, além do Botucatu-Pirambóia, as seguintes unidades aquíferas: coberturas cenozóicas indiferenciadas (sedimentos aluvionares; sedimentos correlatos a Formação Itaqueri), apresentando índices de vulnerabilidade mais elevados, sendo que nas porções mais altas, possuem índice Alto-baixo (Ab), e índice Alto-alto (Aa) nas porções com topografia de fundo de vale e Passa Dois (Formação Corumbataí), caracterizado como aquífero. Embora não existam estudos relativos à vulnerabilidade da Unidade Aquífera Serra Geral, existe a possibilidade de contaminação através de fissuras, verticais e laterais, com velocidade relativamente alta, tornando-os localmente vulneráveis.

A cidade de Porto Ferreira, segundo o IBGE (2002), apresenta uma população com um total de 47.437 habitantes (hab.) e apresenta uma densidade demográfica de 194,41 hab./km². Com relação à ocupação populacional dentro do município, esta se encontra dividida pelas áreas urbanas onde vivem 45.568 habitantes, enquanto que a área rural é ocupada por 1.869 habitantes. Segundo SÃO PAULO (1995), cerca de 16,4% do emprego industrial regional (Mogi Guaçu, Porto Ferreira, Tambaú) está vinculado com a indústria cerâmica.

METODOLOGIA

Para a seleção de áreas adequadas para a implantação de aterros industriais, utilizou-se uma análise espacial dos principais atributos do meio físico, com o intuito de obter uma carta interpretativa, em função da urgente necessidade de se delimitar áreas geotécnicamente aptas a receber os rejeitos produzidos no Município de Porto Ferreira. Para tanto, utilizou-se uma metodologia de mapeamento geotécnico desenvolvida por Zuquette et al. (1994) e aprimorada por Leite & Zuquette (1996) especialmente para as condições brasileiras, com as análises cartográficas realizadas em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas. Foram utilizados, como parâmetros iniciais de análise do meio físico, os níveis de ocorrência dos atributos propostos na literatura, tendo sido selecionados aqueles de relevância significativa para a região estudada.

A associação entre uma carta intermediária, onde foram ponderados os atributos zonas úmidas, mineralogia, capacidade de troca catiônica, rocha, textura, profundidade, erodibilidade, condição de compactação e nível d'água, relativos aos materiais inconsolidados e

ao substrato rochoso, e outras três cartas relativas à declividade, distância dos corpos d'água e distância das áreas urbanas, possibilitou a definição e delimitação das unidades homogêneas em quatro níveis de adequabilidade: Favorável (F), Moderado (M), Severo (S) e Restritivo (R).

Como auxílio para esta metodologia, utilizou-se um Sistema de Informações Geográficas (SIG) – Idrisi32, o qual permite o trabalho relacionado à gestão ambiental do espaço do meio físico. No caso deste estudo, cujo objetivo é a seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos industriais cerâmicos, o SIG auxilia de maneira objetiva, baseando-se em critérios preestabelecidos que podem ser modelados em variáveis quantitativas contínuas (modelo digital terreno, declividade, distâncias) ou discretas (booleanas).

A aquisição de dados para a elaboração e realização deste trabalho fundamentou-se em dados preexistentes sobre o município, como também no levantamento do material cartográfico na escala 1: 50.000 (IBGE, 1971, 1983; IG, 1981, 1984).

DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS PRODUZIDOS

Como se objetivou aplicar uma proposta metodológica de mapeamento geotécnico visando fornecer subsídios ao gerenciamento do uso e ocupação do solo, foram gerados, a partir da obtenção e análise dos atributos fundamentais da caracterização do meio físico, os seguintes documentos cartográficos: carta clinográfica, mapa de materiais inconsolidados e carta de potencial de escoamento superficial. Como produto dos cruzamentos destes com as demais informações produzidas no trabalho e/ou existentes, elaborou-se a carta específica para disposição de resíduos sólidos industriais cerâmicos. Estes documentos, produzidos na escala 1:50.000, possuem sua representatividade e interpretação com relação ao município de Porto Ferreira. Na produção destes documentos, além do software Idrisi 32, foram utilizados também os *softwares* CartaLinx e AutoCad.

CARTA CLINOGRÁFICA

Para a análise das informações disponíveis para seleção de áreas para disposição de resíduos, a declividade dos terrenos desempenha um papel fundamental, pois constitui um atributo importante para a confecção das cartas de escoamento superficial e de áreas de disposição de resíduos sólidos. Segundo Camargo (1995), a declividade, além de controlar o escoamento e a infiltração das águas pluviométricas, também norteia a movimentação de massas e a estabilidade dos taludes, interferindo desta forma diretamente na adequabilidade de áreas para instalação de aterros sanitários.

As cartas de declividades têm se constituído em uma ferramenta de grande importância para as pesquisas de mapeamento geotécnico por representarem espacialmente as variações topográficas da superfície do terreno. Na Figura 2, observa-se a percentagem relativa às classes de declividade relacionadas à carta clinográfica da região de estudo.

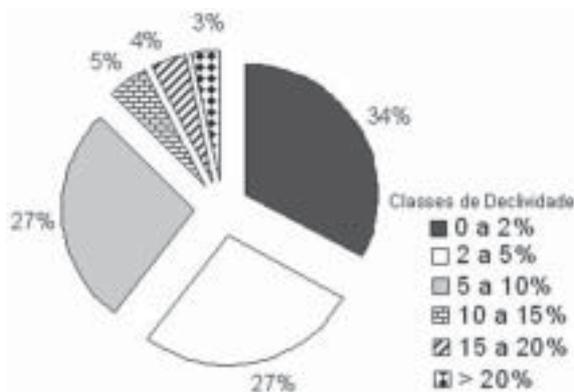


FIGURA 2. Gráfico representando as áreas relativas às classes de declividades da carta clinográfica no município de Porto Ferreira.

MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS

Segundo Zuquette (1987), o mapa de materiais inconsolidados consiste na identificação das características geotécnicas destes materiais, obtendo-se uma divisão destes a partir de trabalhos de campo, perfis de poços profundos, fotointerpretação e dados de gênese, textura, profundidade e classificação MCT. A definição dos comportamentos e espessuras desses materiais foi facilitada pelas exposições em taludes e rupturas de relevo, característica típica em regiões localizadas na Província de Cuestas Basálticas.

Assim, baseando-se nos dados de declividades da carta clinográfica e no Quadro 1 (adaptado de Feres, 2002), na qual são mostradas as principais características de relevo e atributos de ocorrência esperadas para cada uma das formações geológicas, que foram obtidas a partir da análise dos resultados laboratoriais dos pontos de coletas de Lorandi et al. (1999), Torezan (2000) e Galiano (2002) apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, obteve-se o mapa de materiais inconsolidados. Portanto, o resultado desta análise dos dados fornece a classe de atributos necessários à composição do mapa de materiais inconsolidados, separando unidades quanto à característica de retrabalhamento em: Residual (RS), Residual Espesso (RSE), Residual Raso (RSR) e Retrabalhado (RT), como se pode observar nas comparações descritas (Figura 3).

Materiais Inconsolidados Residuais da Formação Corumbataí

Os materiais inconsolidados residuais existentes nesta formação perfazem aproximadamente 18% da área do município. O relevo apresenta-se em forma de topos com declividades menores que 10%. Pode-se observar na Tabela 1, através dos resultados de laboratório, que no ponto G_{7C} (Galiano, 2002), quando se atinge 5,00 m de profundidade, os valores obtidos na análise granulométrica indicam a presença do saprolito (14% na fração areia e mais de 30% na fração silte). Observou-se também que na maior parte dos ensaios os materiais inconsolidados possuem comportamento não-laterítico, permeabilidades baixas, variando entre 10⁻⁵ e 10⁻⁸ cm/s⁻¹, índice de erodibilidade maior que 1, massa específica seca variando de 1,28 a 1,90 g/cm³ e CTC do solo com valores entre 16,5 a 64,2 cmol₊/kg. Os pontos de coleta L₁₃ com 52% de argila (Lorandi et al., 1999) e T₁₆ com 54% de argila (Torezan, 2000) indicam solos mais resistentes à climatização química, uma vez que a permeabilidade nesses pontos é também baixa, encontrando-se em torno de 10⁻⁷ cm/s⁻¹.

QUADRO 1. Unidades do Mapa de Materiais Inconsolidados. Adaptado de Feres (2002).

Origem geológica			Classes	Relevo
CENO-ZOICO	Quaternário	Quaternário (Q)	Indiscriminada	Terrenos planos de fundo de vale
	Terciário	Formação Santa Rita do Passa Quatro	Residuais	Topos planos com declividade <5%
			Retrabalhados	Vales e encostas com declividade > 5%
		Formação Pirassununga	Residuais	Topos planos com declividade <5%
MESO-ZOICO	Juro-Cretáceo	Formação Serra Geral	Retrabalhados	Vales e encostas com declividade > 5%
			Residuais	Topos planos com declividade <5%
			Residuais Raros	Encostas íngremes com declividade >15%
	Triássico	Formação Pirambóia	Retrabalhados	Encostas com declividade 5 a 15%
			Residuais	Encostas com declividade > 20%
PALEO-ZOICO	Permiano	Formação Corumbataí	Retrabalhados	Vales e encostas com declividade < 20%
			Residuais	Topos com declividade < 10%

TABELA 1. Resultados dos ensaios experimentais para materiais inconsolidados das formações Corumbataí (amostras 1 a 16) e Pirambóia (17 a 21), e intrusivas básicas (22 a 34).

Amostra		Erodibilidade (%)	Permeabilidade	Ar	Si	Ag	ρ_s	Classificação MCT	
Prof. (cm)	Nº	E	K_{20} [cm/seg ⁻¹]	%	%	%	g/cm ³	Pi %	Sb
0,20 a 0,40	G ₁	147,28	4,14E-05	74	8	18	2,740	88,8	LA
3,50 a 3,70	G ₂	0,57	7,68E-05	69	9	22	2,682	145,0	NA
4,50 a 5,00	G ₃	*	1,725E-08	14	32	54	2,748	216,9	NA
0,20 a 0,40	G ₄	29,85	6,54E-03	60	5	35	2,651	95,0	LA
4,00 a 4,20	G ₅	1,82	9,29E-04	52	16	32	2,700	30,0	LG
7,20 a 7,40	G ₆	2,47	1,78E-07	54	26	20	2,695	190,0	NG
1,00 a 1,30	G ₇	*	1,98E-07	24	32	44	2,798	17,0	LG
3,00 a 3,50	G ₈	*	1,01E-08	22	21	57	2,807	185,0	NG
1,50 a 1,70	L ₉	35,6	1,59E-03	50	15	35	2,714	82,00	LG
3,00 a 3,50	L ₁₀	<u>0,50</u>	<u>1,90E-03</u>	41	13	46	2,756	189,50	NG
0,50 a 0,80	L ₁₁	153,0	<u>1,18E-03</u>	75	07	20	2,511	293,30	NA
2,00 a 2,30	L ₁₂	9,58	5,01E-04	73	07	22	2,425	123,6	LA
5,00 a 5,30	L ₁₃	0,17	7,35E-07	28	20	52	2,824	116,43	NG
0,20 a 0,40	T ₁₄	29,85	6,54E-03	60	05	35	2,651	111,85	NG
4,00 a 4,20	T ₁₅	1,82	9,29E-04	52	16	32	2,700	30,55	LG
7,20 a 7,40	T ₁₆	2,47	1,98E-07	20	26	54	2,695	190,45	NG
0,40 a 0,60	G ₁₇	61,77	1,17E-03	62	16	22	2,738	142,0	LA
4,00 a 4,20	G ₁₈	*	2,30E-03	54	24	22	2,774	120,8	LA
0,80 a 1,00	G ₁₉	157,67	1,01E-03	77	6	17	2,656	160,0	NA
2,30 a 2,50	G ₂₀	95,70	1,66E-03	58	33	9	2,668	113,0	NA
4,50 a 5,20	G ₂₁	*	1,14E-04	72	18	10	2,658	120,0	NA
0,50 a 0,70	G ₂₂	*	2,91E-03	11	29	60	2,844	80,0	LG
3,50 a 3,70	G ₂₃	1,02	3,96E-03	12	17	71	3,064	1,00	LG
7,00 a 7,20	G ₂₄	0,91	4,91E-04	16	40	44	3,062	140,0	NS
0,20 a 0,40	G ₂₅	*	1,62E-04	23	31	46	2,975	110,0	NG
2,50 a 2,70	G ₂₆	364,53	8,60E-04	16	24	60	3,037	30,0	LG
4,30 a 4,50	G ₂₇	*	5,66E-04	20	16	64	2,783	27,0	LG
6,50 a 7,00	G ₂₈	*	5,08E-07	37	25	38	3,076	14,5	LG
0,20 a 0,40	G ₂₉	130,51	5,09E-03	36	22	42	3,048	59,60	LG
3,50 a 3,70	G ₃₀	1,48	5,45E-03	25	29	46	3,138	25,9	LG
5,30 a 5,50	G ₃₁	*	1,48E-03	38	30	32	3,104	123,1	NG
6,50 a 7,00	G ₃₂	*	4,199E-07	32	41	27	3,136	97,6	NG
0,80 a 1,00	G ₃₃	0,96	3,82E-06	35	31	34	3,075	28,0	LG
3,30 a 3,50	G ₃₄	*	8,13E-06	34	20	46	3,047	40,0	LG

* Amostra onde as condições do material inconsolidado não permitiram a realização do ensaio.

TABELA 2. Resultados dos ensaios experimentais para materiais inconsolidados das intrusivas básicas (amostras 35 a 38) e da Formação Pirassununga (39 a 68).

Amostra		Erodibilidade (%)	Permeabilidade	Ar	Si	Ag	ρ_s	Classificação MCT	
Prof. (cm)	Nº	E	K_{20} [cm/Seg ⁻¹]	(%)	(%)	(%)	g/cm ³	Pi %	Sb
6,50 a 7,00	G ₃₅	*	2,954E-06	41	29	30	3,076	27,0	LG
0,30 a 0,50	G ₃₆	69,02	6,222E-06	39	22	39	2,517	40,0	LG
2,30 a 2,50	G ₃₇	3,46	2,95E-08	32	22	46	3,064	0	LG
4,00 a 4,50	G ₃₈	*	1,247E-05	45	32	23	3,077	57,0	NG
0,20 a 0,40	G ₃₉	16,75	8,77E-03	66	13	21	2,652	141,8	LA
3,00 a 3,20	G ₄₀	1,95	1,66E-03	58	15	27	2,681	244,0	LA
6,50 a 7,00	G ₄₁	*	5,587E-05	55	27	18	3,046	73,0	LG
0,40 a 0,60	G ₄₂	165,29	1,40E-03	64	14	22	2,870	105,0	LA
2,30 a 2,50	G ₄₃	25,23	3,12E-03	58	18	24	2,803	60,0	LA
5,00 a 5,20	G ₄₄	*	1,14E-04	26	31	43	2,890	122,00	NG
0,40 a 0,60	G ₄₅	1,58	2,60E-04	84	6	10	2,669	290,0	NA
3,50 a 3,70	G ₄₆	0,38	5,28E-03	81	5	14	2,689	119,0	NA
5,00 a 5,20	G ₄₇	209,67	1,34E-04	79	9	12	2,687	125,0	NA
0,40 a 0,60	G ₄₈	0,47	3,15E-04	80	2	18	2,668	147,0	LA
2,00 a 2,20	G ₄₉	0,47	1,72E-04	76	4	20	2,684	167,0	LA
6,50 a 7,00	G ₅₀	*	1,43E-04	75	7	18	2,698	90,0	LA
0,40 a 0,60	G ₅₁	259,92	4,19E-03	74	6	20	2,696	112,0	LA
2,30 a 2,50	G ₅₂	167,23	1,80E-03	73	6	21	2,690	95,5	LA
4,50 a 5,00	G ₅₃	*	1,90E-04	71	8	21	2,674	85,0	LA
6,20 a 6,70	G ₅₄	*	1,73E-04	70	13	17	2,706	39,0	LA
0,20 a 0,40	G ₅₅	6,90	1,10E-02	62	10	28	2,720	82,0	NA
4,00 a 4,20	G ₅₆	9,20	4,10E-03	58	10	32	2,712	137,0	NA
6,50 a 7,00	G ₅₇	*	1,22E-03	58	22	20	2,749	135,0	NA
0,30 a 0,50	G ₅₈	125,36	1,11E-03	77	5	18	2,689	132,0	LA
3,00 a 3,20	G ₅₉	1,36	1,17E-03	75	4	21	2,713	100,0	LA
8,00 a 8,20	G ₆₀	*	5,62E-04	72	10	18	2,699	98,0	LA
0,20 a 0,40	L ₆₁	3,30	2,23E-04	64	12	24	2,712	211,97	LA
1,20 a 1,40	L ₆₂	1,18	2,32E-03	74	10	16	2,731	117,60	LA
0,40 a 0,60	L ₆₃	94,62	2,95E-03	78	09	13	2,636	142,3	NA
1,60 a 1,80	L ₆₄	15,95	7,79E-03	70	17	13	2,654	105,8	LA
0,40 a 0,60	T ₆₅	52,39	2,57E-03	87	3	10	2,664	288,30	NA
4,50 a 4,70	T ₆₆	0,24	1,76E-03	81	5	14	2,671	193,57	LA
0,40 a 0,60	T ₆₇	15,15	2,30E-02	86	4	10	2,662	259,75	NA
3,40 a 3,60	T ₆₈	0,34	1,93E-02	83	5	12	2,675	226,65	NA
5,30 a 5,50	T ₆₉	0,44	1,69E-02	84	4	12	2,671	217,50	LA
0,20 a 0,40	T ₇₀	6,90	1,10E-02	62	10	28	2,720	82,75	NG
4,00 a 4,20	T ₇₁	9,20	4,10E-03	58	10	32	2,712	124,15	NS

* Amostra onde as condições do material inconsolidado não permitiram a realização do ensaio.

Materiais Inconsolidados Retrabalhados da Formação Corumbataí

Os materiais inconsolidados retrabalhados dessa formação geológica perfazem aproximadamente 2,2% da área do município e se desenvolvem em relevo que se apresenta em forma de vales e encostas com declividades maiores que 10%. Apresentam as seguintes características de identificação: comportamento laterítico, textura areno-siltosa e silto-arenosa, permeabilidade baixa a muito baixa, massa específica seca, obtida com o proctor normal, variando de 1,36 a 1,75 g/cm³, com umidade variando de 15,5 a 24%, nas

camadas superiores, e de 25,2 a 29% nas camadas mais profundas, e índice de erodibilidade maior que 1.

Materiais Inconsolidados Residuais da Formação Pirambóia

Os materiais residuais desta formação ocupam aproximadamente 2,3% da área o município, apresentando uma declividade menor que 20%. Os ensaios de laboratório mostram que os pontos G₁₇ e G₁₉ (Galiano, 2002) apresentam 62% e 77% de areia, respectivamente, o que confirma ser a textura arenosa. Através de ensaios de laboratório, obteve-se outras caracte-

TABELA 3. Resultados dos ensaios experimentais para materiais inconsolidados da Formação Santa Rita do Passa Quatro (72 a 74) e da área de aluvião (75).

Amostra		Erodibilidade (%)	Permeabilidade	Ar	Si	Ag	ρ_s	Classificação MCT	
Prof. (cm)	Nº	E	K_{20} [cm/Seg ⁻¹]	(%)	(%)	(%)	g/cm ³	Pi %	Sb
0,10 a 0,30	L 72	0,02	5,06E-04	70	19	11	2,679	113,9	NA
1,60 a 1,80	L 73	65,4	2,39E-04	72	15	13	2,681	154,5	LA
2,50 a 2,70	L 74	75,8	1,26E-06	56	28	16	2,688	138,1	NS
0,40 a 0,60	L 75	37,24	4,33E-04	60	29	11	2,662	276,5	LA

E: índice de erodibilidade

K: coeficiente de permeabilidade

Ar: areia (0,02 mm < ϕ < 2,0 mm)

Si: silte (0,002 mm < ϕ < 0,02 mm)

Ag: argila (partículas com ϕ < 0,002 mm)

ρ_s : massa específica dos sólidos

Pi: perda de peso por imersão do material compactado

Sb: Símbolo da classificação MCT

LA: areias lateríticas

LA': solos areno-argilosos lateríticos

NA: areias não lateríticas

NA': solos arenosos não-lateríticos

NG': solos argilosos não-lateríticos

LG': argilas lateríticas

NS': solos siltosos não-lateríticos

G: Galiano (2002), L: Lorandi et al. (1999), T: Torezan (2000)

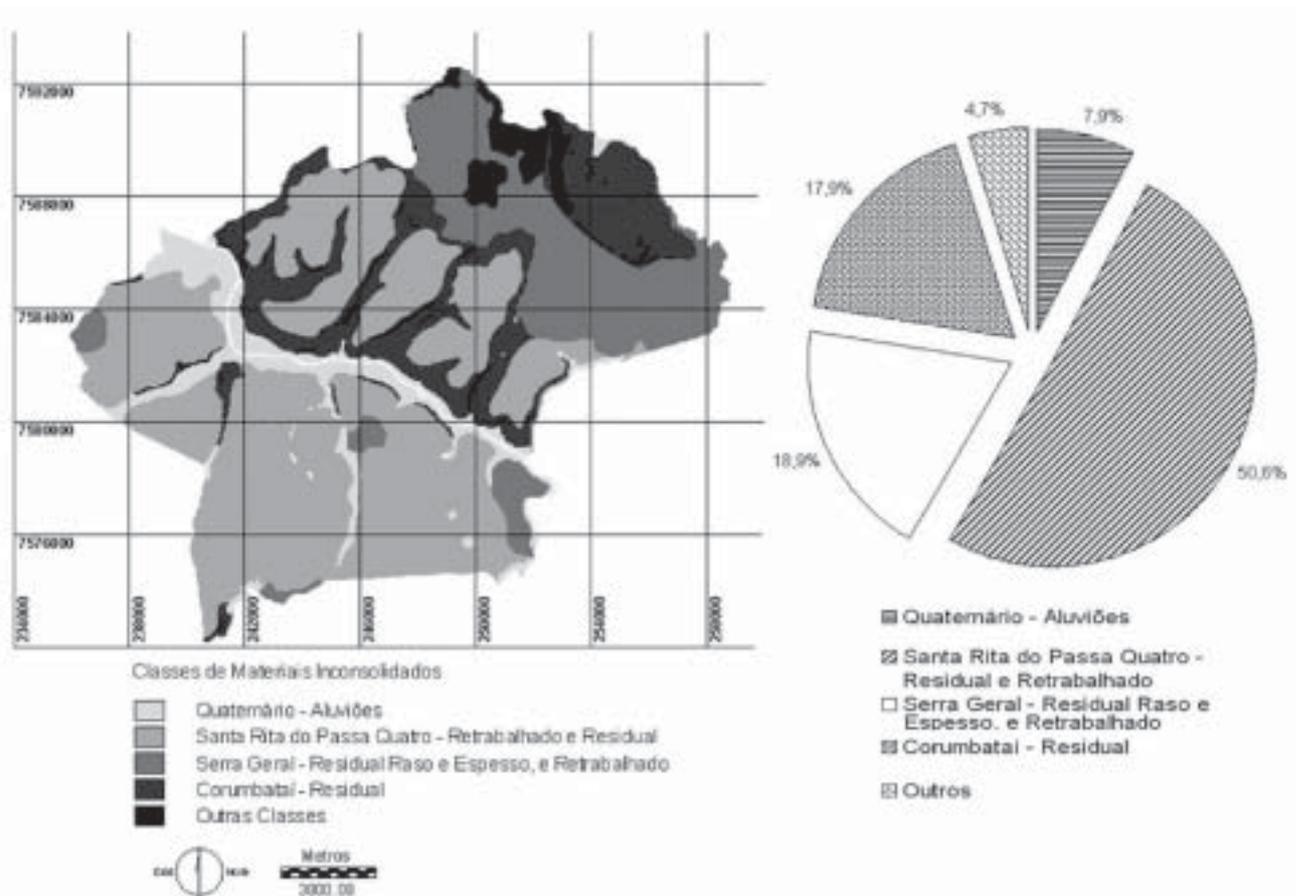


FIGURA 3. Mapa e Gráfico representando as áreas relativas às classes de materiais inconsolidados residuais e retrabalhados encontrados no mapa de materiais inconsolidados do município de Porto Ferreira.

rísticas dos materiais inconsolidados: coeficiente de permeabilidade igual a 10^{-3} cm/s⁻¹, classificando-os como de permeabilidade média, comportamento não-laterítico, massa específica seca próxima a 1,8 g/cm³, textura arenosa, CTC do solo variando de 5,5 a 9,2 cmol₊/kg (Castro, 1998) e índice de erodibilidade maior que 1.

Materiais Inconsolidados Retrabalhados da Formação Pirambóia

Os materiais inconsolidados retrabalhados desta formação ocupam uma área muito pequena, de 0,21% do município. O relevo observado foi de vales e encostas, com uma declividade maior que 20%. Pode-se observar que os materiais finos compõem em

menos de 25%, o que caracteriza um comportamento laterítico. Os valores do coeficiente de permeabilidade variam entre 10^{-3} e 10^{-4} cm/s⁻¹.

Materiais Inconsolidados Residuais Espessos das Rochas Intrusivas Básicas

Os materiais inconsolidados residuais espessos existentes nesta formação perfazem aproximadamente 4,5% da área do município. O relevo apresenta-se plano, com declividades menores que 5% e textura argilosa ou argilo-siltosa. Pode-se observar através dos resultados de laboratório que as amostras G₂₉ e G₃₀ (Galiano, 2002) apresentaram 42% e 46% de argila e 22% e 29% de silte, respectivamente. Tal comportamento mostra-se como laterítico, possuindo ainda uma permeabilidade média de 10^{-3} cm/s⁻¹. Pode-se dizer que devido à topografia plana e pouco acidentada, provavelmente devido à decomposição lenta do basalto, a área de materiais residuais (espesso e raso) é maior que a de materiais retrabalhados.

Materiais Inconsolidados Retrabalhados das Rochas Intrusivas Básicas

Os materiais inconsolidados retrabalhados existentes nesta formação correspondem a aproximadamente 9,3% da área do município. O relevo apresenta-se em vales e encostas, com declividades que variam de 5 a 15%, e os materiais inconsolidados apresentam-se com uma textura argilo-arenosa. Pode-se observar, através dos resultados de laboratório, que no ponto G_{6c} (Galiano, 2002), quando se atingiu a profundidade de 4,50 m, ocorreu um incremento nos teores de argila (64%) e uma redução nos teores de areia (20%), reforçando, assim, a opção de se enquadrar esse material como retrabalhado superficialmente. Observa-se também que na maior parte dos ensaios os materiais inconsolidados possuem um comportamento laterítico. A permeabilidade é de média a baixa, variando de 10^{-4} e 10^{-7} cm/s⁻¹.

Materiais Inconsolidados Residuais Rasos das Rochas Intrusivas Básicas

Os materiais inconsolidados residuais rasos existentes sobre essas rochas perfazem aproximadamente 5,1% da área do município. O relevo observado é formado por encostas íngremes com declividades maiores que 15%, a textura é argilosa, silto-argilosa ou argilo-siltosa, apresenta classificação MCT condicionada pela granulometria, ou seja NG', NS' ou LG', e a permeabilidade é classificada de média a baixa.

Os materiais classificados como inconsolidados residuais ocupam 39% da área objeto de estudo, distribuem-se em uma topografia plana com uma declividade menor que 5% e apresentam textura

predominantemente arenosa. Através da análise dos resultados dos ensaios executados em laboratório, notam-se as seguintes características para os pontos G₄₂, G₄₅, G₄₈, G₅₁, G₅₅ (Galiano, 2002) e T₆₅ e T₇₀ (Torezan, 2000): textura predominantemente arenosa (64%, 84%, 80%, 74%, 62%, 87% e 62% de areia, respectivamente), comportamento não-laterítico e o coeficiente de permeabilidade variando de 10^{-3} e 10^{-4} cm/s⁻¹.

Materiais Inconsolidados Retrabalhados da Formação Pirassununga

Os materiais inconsolidados retrabalhados existentes nesta formação correspondem a aproximadamente 12% da área do município. Apresentam um relevo em forma de vales e encostas e uma declividade maior que 5%. Observa-se como textura predominante a arenosa, confirmada pelos resultados de laboratório das amostras coletadas nos pontos G₃₉, G₅₈ (Galiano, 2002), T₆₇ (Torezan, 2000) e L₆₂ (Lorandi et al., 1999), que apresentam 66%, 77%, 88% e 74% de areia, respectivamente. Através da análise dos resultados do ensaio de Mini-MCV, os materiais inconsolidados foram classificados como de comportamento laterítico, enquanto que a permeabilidade foi considerada média a alta, tendo o coeficiente de permeabilidade variado de 10^{-2} e 10^{-3} cm/s⁻¹.

Materiais Inconsolidados Residuais da Formação Santa Rita do Passa Quatro

Caracterizada por Castro (1998), constitui-se de uma unidade bastante homogênea, representada por materiais muito arenosos (>90%), correspondendo às Areias Quartzosas Profundas dos mapeamentos pedológicos existentes na região e espessuras superiores a 5 m. Esta unidade ocupa posições em topos aplainados (declividades inferiores a 2%) e apresenta as seguintes características identificadoras: comportamento não-laterítico, comprovada por elevada perda por imersão (PI>100), alta erodibilidade (E<1), coeficiente de permeabilidade igual a 10^{-3} cm/s⁻¹ e inexistência de argilo-minerais expansivos, confirmados pelos valores de CTC, VB e Acb.

Materiais Inconsolidados das Áreas de Aluvião

As amostras de materiais inconsolidados das áreas de aluvião foram coletadas em locais mais altos, onde sazonais alagamentos ocorreriam somente em grandes cheias. Os materiais originários das áreas de aluvião apresentam textura arenosa, com menos de 30% de finos, permeabilidade média, massa específica seca, obtida com o ensaio de proctor normal, variando de 1,84 a 1,96 g/cm³, com umidade ótima em torno de 24,7%, e CTC do solo com resultados que variam entre 5,5 a 9,2 cmol₊/Kg.

CARTA DE POTENCIAL DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

A carta do potencial de infiltração e escoamento superficial das águas pluviais é uma carta opcional do tipo climática e apresenta uma graduação das áreas com maior ou menor potencial ao escoamento superficial e, inversamente, as regiões onde predomina determinado potencial de infiltração. Estas informações tornam-se importantes na definição de áreas que devem ser protegidas para evitar a contaminação de aquíferos causada pela disposição de rejeitos sépticos etc.

A metodologia empregada para a confecção desta carta baseia-se no método Cook, no qual se deve atribuir pesos aos atributos básicos considerados, tanto maiores quanto maior for a sua influência no processo de escoamento superficial. Quanto aos atributos e pesos considerados, utilizou-se o Quadro 2 (Pejon, 1992), que considera um total de 7 atributos básicos e divide a carta de escoamento superficial em 10 classes. Desta forma, após a sobreposição de todos os atributos considerados, obtém-se a carta desejada. A Figura 4 apresenta o percentual relativo às classes de potencial

de escoamento superficial na área de estudo, sendo observado o predomínio das classes 1 e 2.

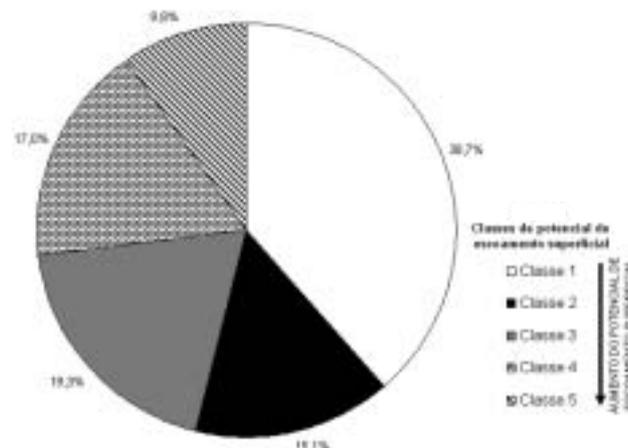


FIGURA 4. Gráfico representando as áreas relativas às classes de potencial ao escoamento superficial encontradas na carta de potencial de escoamento superficial do município de Porto Ferreira.

QUADRO 2. Fatores intervenientes no escoamento superficial. Fonte: Pejon, 1992.

Potencial de escoamento aumenta ←										
Classes de escoamento	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Total de pontos das classes	272 a 250	249 a 230	229 a 210	209 a 190	189 a 170	169 a 150	149 a 130	129 a 110	109 a 90	89 a 70
ATRIBUTOS										
Classes de declividade	C4	C3	C2	C1	B2	B1	A2	A1		
	90	75	66	60	45	36	24	15		
Litologia	Argilitos Siltitos Folhelhos Fm. Irati e Corumbataí	Argilitos Siltitos Fm. Itararé Magmatitos básicos Fm. Serra Geral	Arenitos Siltitos arenosos Diamectitos Fm. Itararé Fm. Tatuí	Arenitos Fm. Itaquerí Fm. Itararé	Arenitos Fm. Pirambóia Fm. Botucatu					
	40	30	20	16	10					
Textura	Silto-argiloso	Argilo-siltoso	Argiloso poroso	Arenoso (<30% finos)	Arenoso (<20% finos)					
Gênese	Residual 40	Residual 30	Retrabalhado 20	Res. e Retrab. 14	Res. e Retrab. 10					
Espessura (m)	> 0,5 30	0,50 a 3,0 20	3,0 a 5,0 16	> 5,0 10						
Permeabilidade (m/s)	< 10 ⁻⁷ 12	10 ⁻⁷ 8	10 ⁻⁶ 7	10 ⁻⁶ 6	> 10 ⁻⁴ 5					
Densidade de drenagem (canais/km)	> 5 30		5 a 2 20			< 2 10				
Feições favoráveis ao armazenamento superficial	Não Apresenta 30		Lagoas Pequenas depressões (pequena quantidade) 20			Lagoas Pequenas depressões (grande quantidade) 10				

A1 - > 85% da área é < 5%

A2 - entre 70 e 85% da área é < 5%

B1 - > 85% da área na faixa 5 a 10%

B2 - entre 70 e 85% da área na faixa 5 a 10%

C1 - pode apresentar até 25% da área > 20%

C2 - pode apresentar até 50% da área > 20%

C3 - pode apresentar até 75% da área > 20%

C4 - > 75% da área > 20%

Fm - formação geológica

Res - Residual

Retrab - Retrabalhado

Carta para Seleção de Áreas para Disposição de Resíduos Sólidos Industriais Cerâmicos

A carta de zoneamento específica para seleção de áreas visando a disposição de resíduos sólidos industriais cerâmicos na área do Município de Porto Ferreira, foi produzida por vários motivos, dentre os quais (1) a concepção de um documento que auxilie no planejamento municipal para a região, que se mostra

totalmente necessitada de áreas para disposição de resíduos sólidos industriais cerâmicos, (2) aprimorar a metodologia proposta por Zuquette et al. (1994) para a elaboração da carta e (3) utilizar trabalhos feitos com o aproveitamento de dados resultantes de ensaios laboratoriais (Quadro 3) obtidos em trabalhos anteriormente realizados na área de estudo (Lorandi et al., 1999, Torezan, 2000, Galiano, 2002).

QUADRO 3. Classes de atributos considerados para confecção da Carta para Seleção de Áreas para Disposição de Resíduos Sólidos Industriais Cerâmicos (adaptado de Zuquette et. al., 1994).

Componentes	Atributos/Classes	Aterro para Disposição de Resíduos Sólidos Industriais Cerâmicos			
		Favorável	Moderado	Severo	Restritivo
Materiais Inconsolidados	Textura Gênese Litologia	Arenoso 30% finos RS/RSE Menos Q	Argilosoporoso RS/RES Menos Q	Arenoso 20% finos RS/RES Menos Q	Muito Arenoso RT/RSR Q
	Densidade de srenagem (carris/km ²)	Boa	Boa	Inadequada	Inadequada
Água	Escoamento superficial	Laminar	Laminar(baixo)	Laminar(alto)	Concentrado
Processos de Relevo	Declividades	02-5%	05-10%	10-20%	00-02% e > 20%
	Distância dos recursos hídricos e das falhas (m)	> 200	> 100	Próximo	Coincidente
Características Climáticas	Precipitação			> 2000 por ano	> 3000 por ano

Como pode ser visto, o Quadro 3 apresenta os atributos utilizados para a elaboração desta carta. Foram analisados os limites dos atributos que satisfizeram às condições mínimas exigidas para a instalação de aterros sanitários.

Não se pode deixar de acrescentar que o número reduzido de informações sobre as condições das águas subterrâneas prejudica a análise e definição de adequabilidade à disposição de resíduos. Assim, as áreas consideradas como adequadas deverão ser analisadas com muito cuidado quando se decidir pelo uso do documento e, quando necessário se fizer, realizar investigações geotécnicas mais detalhadas. O Quadro 4 a seguir mostrado esclarece as regras que

norteiam todos os cruzamentos exigidos para a confecção desta carta, para seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos industriais cerâmicos. A Figura 5 apresenta a carta relativa às classes de adequabilidade de áreas para disposição de resíduos na área de estudo.

Conforme pode ser observado, embora se tenha usado a metodologia Zuquette et al. (1994) relacionada às classes de atributos, para a confecção da carta final, na qual se realiza o cruzamento de tais atributos, fez-se uma pequena, mas importante modificação, na qual a pior classe é sempre considerada a preponderante sobre as mais favoráveis, independente do atributo considerado.

QUADRO 4. Critério de cruzamento de todos os atributos do Quadro 3.

		ATRIBUTO X			
		Variáveis Favoráveis (1)	Variáveis Moderadas (2)	Variáveis Severas (3)	Variáveis Restritas (4)
Atributo Y	Variáveis Favoráveis (1)	(1)	(2)	(3)	(4)
	Variáveis Moderadas (2)	(2)	(2)	(3)	(4)
	Variáveis Moderadas (3)	(3)	(3)	(3)	(4)
	Variáveis Moderadas (4)	(4)	(4)	(4)	(4)

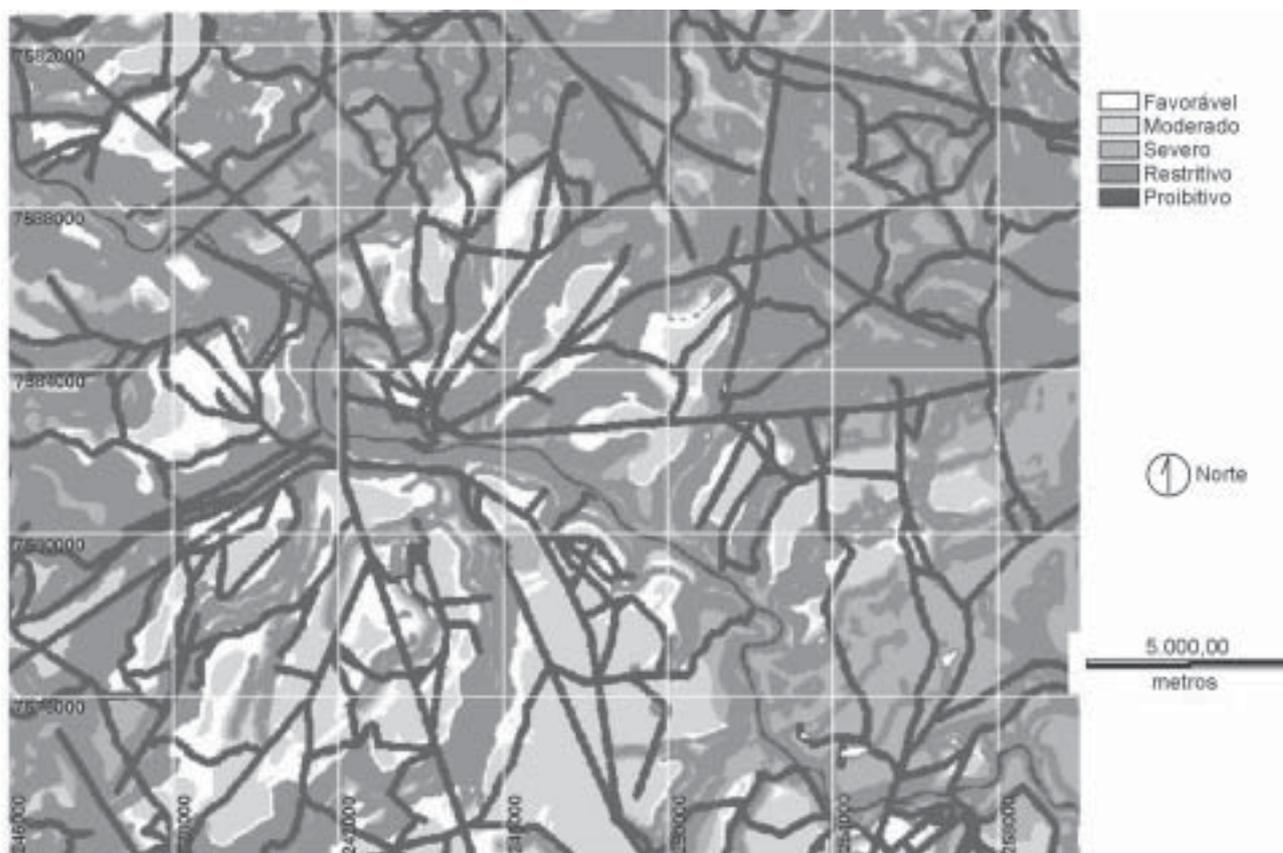


FIGURA 5. Carta representando as áreas relativas às classes de adequabilidade de áreas para a disposição de resíduos no município de Porto Ferreira.

DEFINIÇÃO DAS ÁREAS PREFERENCIAIS À INSTALAÇÃO DE ATERROS INDUSTRIAIS CERÂMICOS

O reconhecimento das características do meio físico, tendo como produto a carta geotécnica e, em especial, o zoneamento geotécnico, constitui importante documento de auxílio no planejamento.

A viabilidade da manipulação de dados preexistentes na confecção de uma carta específica para seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos industriais cerâmicos no Município de Porto Ferreira mostrou-se válida. Isso se deveu graças, principalmente, à quantidade de informações geológico-geotécnicas disponíveis, o que é uma condição necessária para que ocorram maiores chances de acerto na classificação da área e nas recomendações relativas.

A carta de zoneamento geotécnico específica foi elaborada a partir dos documentos básicos desenvolvidos para a região de Porto Ferreira. Foram feitas análises e interpretações sobre o meio físico, levando-se em consideração todas as susceptibilidades e adequabilidades do mesmo.

Considerando os atributos e níveis pressupostos na metodologia e os dados laboratoriais (Tabela 1) dos mapeamentos geotécnicos (Lorandi et al., 1999,

Torezan, 2000; Galiano, 2002), foi elaborada a referida carta para disposição de resíduos, tendo sido identificadas e delimitadas 4 unidades com diferentes características geológico-geotécnicas, a saber:

- Unidade 1 – Área Favorável: ocupa 9,57% da área da região estudada. Estas áreas necessitam ainda de caracterização mais detalhada, buscando refinar os resultados obtidos.
- Unidades 2 e 3 – Áreas Moderada e Severa: equivalem a 14,70% e 7,98% da área estudada, respectivamente. Nestas áreas não se pode dispensar o uso de liners, bases e barreiras protetoras e recursos tecnológicos, utilizados de forma que se retenha ao máximo possível a percolação de líquidos, de modo que estes não atinjam as águas naturais, prevenindo, desta maneira, a poluição do meio ambiente circundante devido à migração de contaminantes.
- Unidade 4 – Área restrita: ocupando a maior parte da região estudada, ou seja, 67,75% da área total. A vulnerabilidade à contaminação e poluição nestas

áreas se apresenta extrema, ficando descartada a utilização como área para disposição de resíduos.

Deve-se atentar que a carta para disposição de resíduos sólidos industriais cerâmicos fornece uma

avaliação geral aos usuários sob a forma de um documento preliminar em escala regional, o qual não dispensa a reavaliação e análise local mais detalhada.

CONCLUSÃO

Considera-se que os objetivos propostos foram alcançados, uma vez que estes permitiram, em nível regional, a identificação das potenciais áreas para aterro sanitário industrial, além de possibilitar o alerta sobre futuros problemas ambientais que podem ocorrer em consequência do uso inadequado do meio físico frente às suas características.

A metodologia de mapeamento geotécnico adotada, representou a base para a realização deste trabalho, ainda que tenha sido necessário adaptá-la quanto à composição dos atributos envolvidos na confecção da carta interpretativa. Portanto, a fim de se obter uma carta para seleção de áreas de disposição de resíduos, na qual se observam classes variando do menor ao maior risco possível ao meio ambiente, considerou-se como regra de prevalência da pior situação, uma vez que atributos favoráveis não diminuem o risco sobre um único atributo restritivo, principalmente quando os resíduos possuem fortes características poluidoras, como ocorre aqui, com os pigmentos químicos cerâmicos.

Além disso, torna-se importante salientar que, mesmo em nível regional, novos parâmetros devem ser

considerados no procedimento adotado para a seleção de áreas, tais como: distância dos centros urbanos (como a sugestão de 1,5 km inserida na carta elaborada), zoneamento urbano e ambiental, custos de transporte, uso e ocupação, valorização da terra, aceitação da população e de entidades ambientais não governamentais, legislação etc. Essa “deficiência” na metodologia adotada deve-se, provavelmente, ao fato de esses “atributos” não serem geotecnicamente mensuráveis, mas sim de caráter subjetivos e práticos, não sendo na maioria das vezes padronizados.

A indicação das áreas com características mais favoráveis para a finalidade estudada, por meio de procedimentos de mapeamento geotécnico, constitui uma etapa preliminar, porém essencial no processo de implantação de um aterro industrial. No entanto, é importante mencionar que, uma vez delimitadas as áreas mais favoráveis, a escolha definitiva do local de implantação, ainda deve passar por novas avaliações, por meio de investigações locais plotadas em documentos cartográficos com escala maior que aquela adotada neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAMARGO, E.C. **Definição de características do meio físico para implantação de aterros sanitários na porção sul do Município de Paranaguá.** São Carlos, 1995. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
2. CANÇADO, C.J.; LORANDI, R.; FERES, R.; TORRESAN, F.E.; MORAES, M.E.B. Adequabilidade dos terrenos da bacia do Rio Bonito (Brasil) para implantação de aterros sanitários. In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOTECNIA, 8, 2002. Lisboa. *Actas...* Lisboa: Sociedade Portuguesa de Geotecnia, v. 3, p. 1809, 1818.
3. CASTRO, D.M. **Estudo do potencial à erosão acelerada das áreas urbana e de expansão do município de Descalvado (SP), escala 1:10.000.** São Carlos, 1998. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos.
4. FERES, R. **Análise de processos de erosão acelerada, com base em fotografias aéreas e geoprocessamento: bacia do Rio Bonito (Descalvado, SP).** São Carlos, 2002. 142 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de São Carlos.
5. GALIANO, V.A. **Mapeamento geotécnico da quadrícula de Pirassununga (SP) na escala 1:50.000, como subsídio ao desenvolvimento regional.** São Carlos, 2002. 140 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos.
6. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha Topográfica de Descalvado (SF.23-V-C-IV-4).** Brasília, Escala 1:50.000, 1971. (1 mapa color, 72x65 cm).
7. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha Topográfica de Pirassununga (SF.23-V-C-V-3).** Brasília, Escala 1:50.000, 1983. (1 mapa color, 72x65 cm).
8. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População e domicílios – Censo 2000 com divisão territorial 2001.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. Acesso em: 10 de outubro de 2002.
9. IG – INSTITUTO GEOLÓGICO. **Mapa das Formações Geológicas de Superfície. Folha Geológica de Pirassununga (SF-23-V-C-V-3).** São Paulo, Escala 1:50.000, 1981. (1 mapa colorido, 72x65 cm).
10. IG – INSTITUTO GEOLÓGICO. **Mapa das Formações Geológicas de Superfície. Folha geológica de Descalvado (SF-23-V-C-IV-4).** São Paulo, Escala 1:50.000, 1984. (1 mapa colorido, 72x65 cm).
11. IG/CETESB/DAEE – INSTITUTO GEOLÓGICO/COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO/DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Mapa de vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas do Estado de**

- São Paulo.** São Paulo: IG/CETESB/DAEE, 1993, 2 v.
12. LEITE, J.C. & ZUQUETTE, L.V. Atributos fundamentais à elaboração da carta de suscetibilidade à contaminação e poluição das águas subterrâneas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7, 1996, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1996, v. 2, p. 647-657.
 13. LORANDI, R.; COELHO, F.T.; BARBOSA, M.F.; QUEVEDO, M.; PASSARELLI, G.M.; FERES, R. Regional evaluation of the erosion aspects on weathered material in tropical areas (Brazil). In: CIVIL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONFERENCE: NEW FRONTIERS & CHALLENGES, 1999, Bangkok (Thailand). **Proceedings...** Bangkok, Asian Institute of Technology, 1999, v. 2, p. 11-17.
 14. MORAES, J.A.P. & MARRA, A.J.L.B. Resíduos industriais e seu impacto ambiental – uma avaliação hidrogeológica. In: SIMPÓSIO SOBRE BARRAGENS DE REJEITOS E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS, 3, 1995, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Comitê Brasileiro de Grandes Barragens, 1995, v. 2, p. 425-439.
 15. PEJON, O.J. **Mapeamento geotécnico da Folha de Piracicaba – São Paulo (escala 1: 100.000): estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação dos atributos.** São Carlos, 1992. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
 16. ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** Laboratório de Geomorfologia, Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo/Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Escala 1:500.000. 2 v, 64 p. (2 mapas coloridos).
 17. SÃO PAULO (Estado) – SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO, SECRETARIA DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO. **Macrozoneamento das bacias dos rios Mogi Guaçu, Pardo e Médio-Grande.** São Paulo, 2 v., 1995. (Relatório e mapas).
 18. SILVA, R.F. **Aplicação metodológica de mapeamento geotécnico específica para seleção de áreas para disposição de resíduo sólidos industriais cerâmicos do município de Porto Ferreira – SP.** São Carlos, 2002. 129 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos.
 19. TOREZAN, F.E. **Análise ambiental da bacia do Rio Bonito (Descalvado, SP) com ênfase nas atividades de exploração mineral de areia.** São Carlos, 2000. 2 v. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos.
 20. ZUQUETTE, L.V. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras.** São Carlos, 1987. 3 v. Tese (Tese de Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
 21. ZUQUETTE, L.V.; PEJON, O.J.; SINELLI, O.; GANDOLFI, N. Methodology for specific engineering geological mapping for selection of sites for waste disposal. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGISTS, 7, 1994, Lisboa, **Proceedings...** Lisboa: A.A. Balkema, 1994, v. 4, p. 2481-2489.

