

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

MARÍLIA MOREIRA DE EIRAS

**RISCO DE CONTAMINAÇÃO DE MANANCIAS SUPERFICIAIS E DO
SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL POR ATERROS NA REGIÃO
METROPOLITANA DE LONDRINA - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2015

MARÍLIA MOREIRA DE EIRAS

**RISCO DE CONTAMINAÇÃO DE MANANCIAS SUPERFICIAIS E DO
SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL POR ATERROS NA REGIÃO
METROPOLITANA DE LONDRINA - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos

LONDRINA

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

Risco de contaminação de mananciais superficiais e do Sistema Aquífero Serra
Geral por aterros na Região Metropolitana de Londrina-PR

por

Marília Moreira de Eiras

Monografia apresentada no dia 26 de julho de 2015 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

(aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Dra. Ligia Flávia Antunes Batista
(UTFPR)

Prof. Dr. Fernando Fernandes
(UEL – Departamento de Engenharia Civil)

Profa. Dr. Maurício Moreira dos Santos
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Ligia Flávia Antunes Batista
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

Dedico este trabalho de conclusão de curso a meu amado avô materno, Eduardo Moreira, que se foi, mas, pode nos mostrar o exemplo de um grande homem, sempre perseverante. Ainda o faço a uma querida amiga, Helena Armelin, que nos deixou cedo demais. A dor passa, porém, o amor permanece para sempre. Saudades eternas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, a Deus, em primeiro lugar pela vida e todas as oportunidades que me proporcionou, fez-me firme nos momentos difíceis, nunca me deixando só, sempre iluminando meu caminho até a chegada dos meus objetivos.

De ante mão peço desculpas, pois, não conseguirei agradecer a todos que me auxiliaram nesta caminhada, mas, tenham a certeza que todas as palavras de incentivo e carinho estão no meu coração. Então, deixo meus sinceros muito obrigada a todos que fizeram parte do meu período de graduação, de forma direta ou indireta e dizer que me sinto lisonjeada ao saber que existem pessoas tão boas em minha vida.

Deixo aqui também, meu muitíssimo obrigada ao meu professor orientador, Maurício Moreira dos Santos, sempre se fazendo presente em todas as fases, não somente na produção deste trabalho, mas sim, em vários momentos desta graduação. Sempre sendo confiante em mim, tornando-se um verdadeiro amigo.

À toda a minha família, saibam que os amo muito e sem vocês nada disso seria possível. Mas, em especial o faço a minha mãe Maria Elaine Moreira, meu maior exemplo de força, sempre presente em todos os momentos da minha vida, dando-me amor e carinho, nem todas as palavras de amor do mundo podem explicar o meu amor por você e a minha irmã e melhor amiga, Mariana Moreira Cortes Fabbro, que mesmo estando longe se fez presente na conclusão deste trabalho, eu te amo muito.

Ao meu namorado, Alexandre Nakhodo, que esteve ao meu lado nesses 5 anos de graduação, meu companheiro para todas as horas, obrigada por tudo, ainda não acho palavras que representariam o quanto eu te amo.

As minhas amigas de graduação, saibam que sem vocês nada teria sido tão especial o quanto foi.

À instituição UTFPR e a todos que foram meus professores na graduação, agradeço a todo conhecimento passado, sem vocês nada disso seria possível.

Enfim, meus sinceros muito obrigada a todos.

“Alguns homens veem as coisas como são, e dizem ‘Por quê?’ Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo ‘Por que não?’ ” (George Bernard Shaw).

RESUMO

EIRAS, Marília Moreira de. Risco de contaminação de mananciais superficiais e do sistema aquífero serra geral por aterros na região metropolitana de Londrina – PR. 2015. p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Londrina, 2015.

As populações dos centros urbanos estão em constante crescimento, grande parte devido as evoluções das ações a favor da saúde e bem estar do ser humano, assim, houve o aumento exagerado do consumo, gerando cada vez mais resíduos descartados. Com isto, cada vez mais, há a necessidade da criação de mais áreas para dispor de maneira final os resíduos sólidos urbanos (RSU), porém, estes locais devem seguir requisitos mínimos de estrutura e operação para a prestação deste serviço. Expondo isso, o presente trabalho, realizou a análise das áreas de disposição final de RSU da Região Metropolitana de Londrina (RML) e seu distanciamento a corpos hídricos superficiais e poços de abastecimento, para a condução deste estudo, utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG), a fim de manipular, visualizar e avaliar os dados, usando como parâmetro a Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos) e a norma ABNT:NBR 13.867:1997. Ainda, para um exame mais criterioso de possíveis degradações a sistemas aquíferos, foi produzido um mapa de risco de contaminação de aquífero por aterros pertencentes à RML, por meio de duas metodologias: índice denominado GOD e o IQR (Índice de Qualidade de Aterros), criando-se um novo método de avaliação de risco à contaminação de águas subterrâneas, denominado RIQA. O presente estudo mostrou que apenas 25% dos municípios pertencentes a RML dispõe de forma correta seus RSU, por sua vez os outros 75% possuem lixões para alocação destes resíduos, configurando um cenário de possíveis deteriorações do meio ambiente. Além do que, mais de 31% e quase 19% dos aterros destas cidades, estão alocados a menos de 200 metros de mananciais superficiais e poços de abastecimento respectivamente e dois destes municípios apresentaram risco alto de contaminação do aquífero.

Palavras chave: Região Metropolitana de Londrina (RML). Áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos (RSU). Recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Mapa de risco de contaminação de aquíferos.

ABSTRACT

EIRAS, Marília Moreira de. Risk of contamination of surface waters and groundwater saw general system for landfills in the metropolitan area of Londrina – PR. 2015. p. Course Conclusion Work – Federal Technological University of Paraná (UTFPR), Londrina, 2015.

The populations of urban centers have steady growth, largely because of developments of actions in favor of health and well being of human beings, so, there was the exaggerated increase in consumption, generating more and more discarded waste. With that, increasingly, there is a need to create more areas to have ultimate way municipal solid waste (MSW), however, these sites should follow minimum requirements for structure and operation to the provision of this service. Exposing this, the present work, performed the analysis of the final disposal sites of MSW in the metropolitan region of Londrina (RML) and their distance to surface water bodies and supply wells, for conducting this study, we used the Information System geographic (GIS) in order to manipulate, visualize and evaluate the data using as parameter the Law 12.305 / 2010 (National Policy on Solid Waste) and the ABNT standard NBR 13867: 1997. Also, for a more careful examination of the possible degradation aquifers, an aquifer contamination risk map for landfills belonging to RML was produced by using an index called GOD and IQR (Quality Index Landfill), criando- A new risk assessment method to contamination of groundwater, called Riqq. This study showed that only 25% of the municipalities belonging to RML has correctly their RSU in turn the other 75% have garbage dumps for allocation of these wastes, a scenario of possible deterioration of the environment. In addition, more than 31% and almost 19% of these landfills cities are allocated within 200 meters of surface water sources and supply wells respectively and two of these municipalities presented high risk of aquifer.

Keywords: Metropolitan Region of Londrina (RML). Disposal areas of municipal solid waste (MSW). Surface and ground water resources. Map of aquifer contamination risk.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da Geomorfologia na RML.	19
Figura 2 – Distribuição mensal pluviométrica de Londrina - PR.	21
Figura 3 – Clima Região Metropolitana de Londrina (RML) segundo Köppen.	22
Figura 4 - Mapa geológico do município de Londrina.....	24
Figura 5 - Fraturas sub-verticais e sub-horizontais de pequeno porte com surgência de água na rodovia que liga os municípios de Londrina e Ibiporã.....	26
Figura 6 – Tipos de Solo Região Metropolitana de Londrina (RML).....	28
Figura 7 – Atividade humana de “catação” e a presença de vetores (Urubu) – Lixão a céu aberto.	34
Figura 8 – Principais impactos causados pela disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de forma inadequada no solo.....	39
Figura 9 – Unidades Aquíferas Região Metropolitana de Londrina (RML).	44
Figura 10 – Região Metropolitana de Londrina (RML).	47
Figura 11 – Pesos aos parâmetros - produção do mapa de risco de contaminação (RIQA) do SASG.	54
Figura 12 – Mapa de Classificação das Áreas de Disposição Final de RSU da RML.	58
Figura 13 – Mapa Modelo Digital de Elevação do terreno.....	59
Figura 14 – Mapa hidrografia detalhada.....	60
Figura 15 – Localização espacial poços de abastecimento e áreas de disposição final de RSU de RML.	64
Figura 16 – Localização poços de abastecimento município de Tamarana.	65
Figura 17 – Localização poços de abastecimento municípios de Ibiporã, Jataizinho e Assaí.	66
Figura 18 – Localização poços de abastecimento municípios de Londrina.....	67
Figura 19 – Localização poços de abastecimento municípios de Jaguapitã, Pitangueiras, Rolândia e Sabáudia.	68
Figura 20 – Localização poços de abastecimento municípios de Alvorada do Sul, Porecatu e Florestópolis.....	69
Figura 21 – Localização poços de abastecimento municípios de Alvorada do Sul, Porecatu e Florestópolis.....	70
Figura 22 – Localização poços de abastecimento município de Cambé.	71

Figura 23 – Localização poços de abastecimento com relação as unidades aquíferas.	72
Figura 24 – Tipos de solos nas áreas de disposição final de RSU na RML.	73
Figura 25 – Mapa de Interpolação dados nível estático do aquífero.	74
Figura 26 – Mapa com notas para construção de mapa de risco de contaminação do SASG.	77
Figura 27 – Mapa de risco de contaminação do SASG.	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Situação da Disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) da Região Metropolitana de Londrina - 2012	33
Tabela 2 – Classificação dos locais de disposição final de RSU de acordo com as notas do IQR.	38
Tabela 3 – Exigências mínimas para a alocação de aterros sanitários (ABNT NBR 13.869:1997).	41
Tabela 4 – Sedes urbanas abastecidas por tipo de manancial Região Sul do país – 2010.	43
Tabela 5 – Municípios pertencentes a Região Metropolitana de Londrina, bem como sua extensão e localização espacial.	48
Tabela 6 – Matriz para atribuição de pesos – Determinação da suscetibilidade do SASG a contaminação.	55
Tabela 7 – Classificação das áreas de destino final de RSU da RML de acordo com a nota do IQR.	57
Tabela 8 – Resumo geral da situação de risco de contaminação de mananciais superficiais – parâmetro de 200 metros de distância.	62
Tabela 9 – Matriz para atribuição de pesos – Determinação da suscetibilidade do SASG a contaminação.	75
Tabela 10 – Matriz com os pesos atribuídos – Risco de contaminação do SASG.	76

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. JUSTIFICATIVA	16
4. REFERENCIAL TEÓRICO	17
4.1 REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA (RML).....	17
4.1.1 Geomorfologia.....	18
4.1.2 Clima.....	20
4.1.3 Geologia	23
4.1.4 Hidrogeologia	25
4.1.5 Solo.....	27
4.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	30
4.3 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)	31
4.4 SITUAÇÃO DA DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) NA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA (RML).....	33
4.5 POSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	34
4.5.1 Vazadouro a céu aberto – Lixão.....	34
4.5.2 Aterro Controlado	35
4.5.3 Aterro Sanitário.....	35
4.6 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERROS DE RESÍDUOS (IQR)	37
4.7 DEGRADAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)	38
4.8 CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS FAVORÁVEIS A DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	40
4.9 MAPEAMENTO DE ÁREAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	42
4.10 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	43
4.10.1 Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS)	45
5. METODOLOGIA	47
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA (RML).....	47
5.2 COLETA DE DADOS	49
5.3 UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA SIG.....	50
6.RESULTADOS E DISCUSSÃO	57

6.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE DESTINAÇÃO FINAL DE RSU DA RML SEGUNDO O IQR	57
6.2 MAPAS DE DISTÂNCIAS DOS LOCAIS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU A CORPOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS.....	59
6.3 MAPAS DE DISTÂNCIA DOS LOCAIS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU A POÇOS DE ABASTECIMENTO.....	64
6.4 MAPA DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO DO SASG.....	72
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
REFERÊNCIAS.....	82
ANEXO A	88
ANEXO B	89
ANEXO C	90
ANEXO D	91
ANEXO E	92
ANEXO F.....	93
ANEXO G	94
ANEXO H	95
ANEXO I.....	96
ANEXO J.....	97
ANEXO L.....	98
ANEXO M.....	99
ANEXO N	100
ANEXO O	101
ANEXO P	102
ANEXO Q.....	103
ANEXO R	104

1. INTRODUÇÃO

Com o apogeu da industrialização, novas tecnologias foram sendo descobertas, favorecendo o desenvolvimento de pesquisas pioneiras em todos os âmbitos do conhecimento científico, desta forma, foi promovido um salto na qualidade de vida do ser humano. Uma das ciências mais beneficiadas com este fato foi a medicina, pois, esta pode constatar causas de doenças que dizimaram populações, como a febre amarela e a cólera.

Todas estas circunstâncias levaram a um aumento exacerbado das populações dos grandes centros urbanos, acarretando na necessidade de se produzir cada vez mais alimentos para suprir as necessidades destes indivíduos. Além disso, a sociedade capitalista impôs a ideia do consumismo aos cidadãos, assim, motivando as indústrias a trabalharem em um ritmo frenético, conseqüentemente, ocorrendo um grande acréscimo de resíduos descartados.

A ampla geração de resíduos sólidos urbanos trouxe para a sociedade um dos maiores problemas da atualidade, desde o âmbito social até o ambiental, ou seja: os lixões a céu aberto.

A disposição final inadequada dos resíduos sólidos polui o ar, o solo, as águas superficiais e subterrâneas, gerando percolado e gases do efeito estufa, além do fato de atrair pessoas para fazer a “catação” dos materiais, promovendo condições sub humanas a estes indivíduos.

Em conformidade com a Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Sólidos Especiais (ABRELPE, 2013), até o ano de 2013 o Brasil destinou 58,3% de seus resíduos sólidos provenientes da coleta públicas nos centros urbanos do país para aterros sanitários, em aterros controlados o índice foi de 24,3% e 17,4% para lixões. Os resíduos sólidos dispostos em lixões e aterros controlados somaram mais de 40% do total, formando um cenário preocupante para a manutenção e preservação do meio ambiente.

Neste sentido, a decomposição dos resíduos sólidos gera um líquido de características peculiares, denominado de lixiviado, com alto potencial poluidor e degradador do meio ambiente, muito difícil de ser coletado e tratado. A deficiência dos sistemas de tratamento destes resíduos sólidos, em lixões e aterros controlados, faz com que lixiviado entre em contato direto com o solo, ligando-se as suas moléculas e

muitas vezes, infiltrando-se através da zona não saturada do solo, atingindo, assim, as águas subterrâneas, sendo estas muitas vezes fonte de abastecimento para a população (SOUZA; RAFULL; VIEIRA, 2000).

Além disso, como os lixões e os aterros controlados são falhos e ineficientes quanto aos procedimentos de drenagem, em períodos chuvosos, a água carrega materiais contaminados e o lixiviado para os corpos hídricos superficiais mais próximos, resultando na sua degradação, tornando-o impróprio para o consumo ou para qualquer atividade humana.

Apesar da extrema urgência na resolução da problemática dos imensos volumes de resíduos sólidos gerados, apenas em 1991 foi formulada a primeira política pública voltada a esta questão, a Lei 12.305 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), porém, apenas em 2010 foi sancionada pelo governo federal (OLIVEIRA, 2012). Esta, impunha que até agosto do ano 2014 os lixões de todos os municípios do Brasil fossem desativados.

As políticas públicas falhas e a falta de fiscalização tornam os resíduos sólidos, especialmente em sua disposição final, um grande problema da atualidade, sendo necessária a realização de ações que visem proteger os ecossistemas. Dessa forma, o presente trabalho tem como escopo analisar as áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos da Região Metropolitana de Londrina (RML), mapeando a localização destes locais e sua proximidade a corpos hídricos superficiais e pontos de extração de águas subterrâneas para abastecimento da população. Além disso, criar um mapa de risco de contaminação do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG).

A exploração de águas subterrâneas da RML, dá-se pela utilização do SASG, pois, é a unidade aquífera que domina praticamente toda a extensão territorial da região (ITCG, 2014).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho de conclusão de curso tem por objetivo principal pontuar e mapear as áreas de disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) provenientes dos municípios pertencentes a RML e avaliar a sua proximidade a mananciais superficiais, poços de abastecimento e construir um mapa de risco de contaminação do SASG.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Formular banco de dados com a localização espacial das áreas de disposição final de RSU da RML;
- Levantar e georreferenciar os poços utilizados para abastecimento na RML e sua proximidade com áreas de disposição final de RSU;
- Mapear os corpos hídricos superficiais e sua proximidade com as áreas de disposição final de RSU da RML;
- Utilizar um índice chamado de GOD e o IQR para a construção do mapa de risco de contaminação do SASG;
- Propor de forma preliminar uma metodologia de avaliação de risco de contaminação do SASG pelos locais de disposição final de RSU.

3. JUSTIFICATIVA

O cenário atual do Brasil em relação a disposição final dos RSU é insatisfatório, tendo em vista que grande parte dos municípios do país ainda possuem vazadouros a céu abertos, vulgos lixões, como destino aos RSU gerados (MUCELIN; BELLINI, 2008). Estes locais, sem nenhum controle técnico ou ambiental, ocasionam o ambiente propício a proliferação de vetores, como mosquitos, ratos, baratas, os quais levam graves doenças a população, sem contar na alteração do meio natural, acabando por afetar o ar, o solo e as águas superficiais e subterrâneas (IPEA, 2012).

As deficientes formas de disposição final dos RSU, levam a sérios danos ambientais, causando uma cadeia de problemas, principalmente à sociedade. A poluição causada por estes locais de disposição inadequado, torna-se exacerbada quando poluem as águas subterrâneas, pois, estas podem importantes fontes de abastecimento para a população, sendo o problema aumentado consideravelmente (IPEA, 2012).

Ainda para que a alocação de uma área de disposição final de resíduos seja implementada de forma correta, faz-se necessária a escolha de um local com características técnicas e ambientais viáveis. Um dos grandes fatores a serem observados são: a profundidade do lençol freático e a proximidade de corpos hídricos, especialmente os mananciais os quais servem para o abastecimento da população.

A RML é um importante centro agroindustrial para o Brasil, atividade a qual necessita de grandes quantidades de água para sua irrigação. Desta forma, torna-se imprescindível estudos que visam a manutenção dos padrões de qualidade e oferta de quantidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, para garantir o sucesso do desenvolvimento socioeconômico da região (ALEVI et al, 2012).

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA (RML)

Segundo o Perfil da Região Metropolitana de Londrina (2012), a RML foi instituída pela Lei Complementar n.º 81, em 17 de junho de 1998, alterada pelas leis n.º 86, de 07/07/2000, e n.º 91, de 05/06/2002, sancionadas pelo governador Jaime Lerner, e era composta, inicialmente, pelas cidades de Londrina, Bela Vista do Paraíso, Cambé, Ibiporã, Jataizinho, Rolândia, Sertanópolis e Tamarana. A RML foi a primeira região metropolitana a ser instituída no interior do Paraná.

Mais tarde, já em 2010, os municípios de Alvorada do Sul e Assaí, foram incluídos na RML, por meio da Lei Complementar n.º 129. Dois anos passados, em 2012, a RML passou a compreender mais 5 municípios, Jaguapitã, Pitangueiras e Sabáudia, instituídas pela Lei Complementar n.º 144 e as cidades de Florestópolis e Porecatu, através da Lei Complementar n.º 147, englobando, desta forma, 16 municípios (PERFIL DA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA, 2012).

É importante ressaltar que o município de Londrina, desde a sua origem, foi um centro atrativo, tanto no âmbito regional, quanto no estadual, sempre se mostrando um local de progresso. Portanto, a união dos municípios na RML, permite uma maior integração das cidades menores a Londrina, permitindo a captação de crédito conjunta para realização de projetos regionais (PERFIL DA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA, 2012).

4.1.1 Geomorfologia

A RML está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, localizada no Sul da América, abrangendo os Estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais. Também se estende países como: a Argentina, o Paraguai e o Uruguai, possuindo extensão total de 1.600.000 Km² (SANTOS et al, 2006).

Situado no Terceiro Planalto Paranaense, a RML possui gênese morfológica predominante ligado ao desenvolvimento dos derrames de rochas eruptivas básicas da era Mesozoica, entre os períodos Jurrásico e Cretáceo. Esta unidade morfoestrutural abrange dois terços do Estado do Paraná, possuindo inclinação de oeste para noroeste, cortado pelos principais afluentes do Rio Paraná, sempre se desenvolvendo em conjuntos de relevos planálticos (SANTOS et al, 2006).

O Terceiro Planalto Paranaense ainda é subdividido em subunidades morfoestruturais: Planalto de Ortigueira, Planalto de Santo Antônio da Platina, Planalto do Alto Ivaí, Planalto de Pitanga/Ivaiporã, Planalto do Alto-Médio Piquiri, Planalto de Apucarana, Planalto de Londrina, Planalto do Maringá, Planalto do Campo Mourão, Planalto de Paranavaí (SANTOS et al, 2006).

Desta forma, o estudo geomorfológico da área a ser utilizada como aterro sanitário tem extrema importância, pois, através destas investigações é permitido a definição da declividade do local, sendo este um critério restritivo ou permissivo para a sua alocação. Segundo Moreira, Lorandi, Moraes (2008), o solo em declividades superiores a 20% é mais susceptível a ação do intemperismo, tornando-se mais instável comparado àqueles de provenientes de regiões com declividade inferior a 10%.

Sendo assim, os aterros sanitários deverão ser instalados em locais com declividade inferiores a 10%, uma vez que estas áreas são mecanicamente mais estáveis, tornando as partículas de solo mais coesas, evitando os deslizamentos, bem como a infiltração do lixiviado (GREGÓRIO et al, 2013).

A Figura 1 mostra o mapa para a geomorfologia na RML:

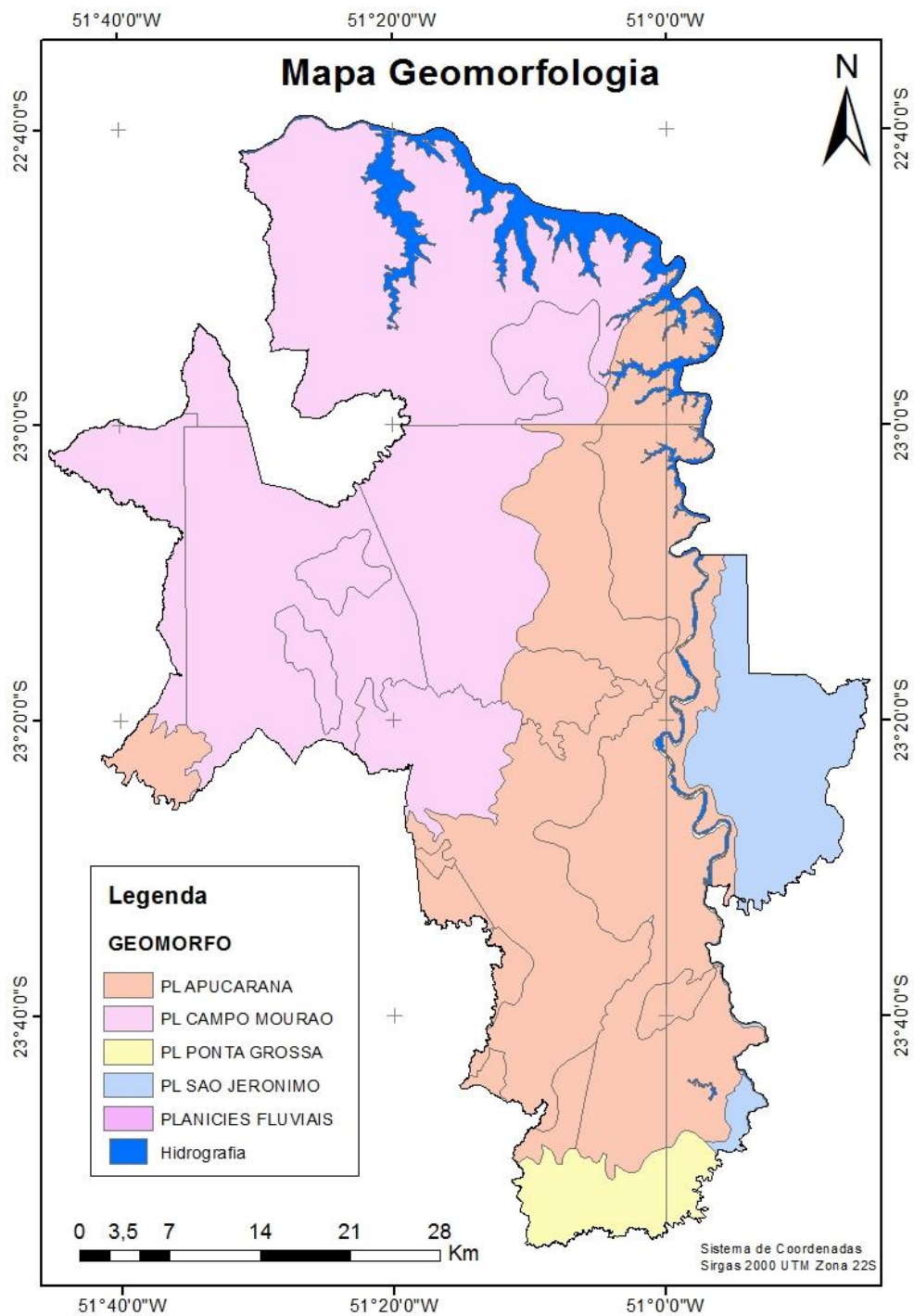


Figura 1 - Mapa da Geomorfologia na RML.
Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

4.1.2 Clima

O clima de uma determinada região é estritamente ligado ao relevo do local, pois, este determina a entrada ou não das massas de ar, por criar barreiras a sua entrada, as chamadas barreiras orográficas. Portanto, a forma do relevo é o fator determinante para a intensidade e quantidade de precipitações que ocorrerão no país (DOURADO NETO, 1996).

O Sul do Brasil, é caracterizado, em grande parte, por possuir clima temperado, devido a sua localização ao Sul do Trópico de Capricórnio, com invernos mais rigorosos, com baixo regime pluviométrico e verões quentes e chuvosos (DOURADO NETO, 1996).

Desta forma, a RML está inserida na região sul do país, estado do Paraná, mais precisamente em sua porção Norte (caracterizado pelo clima Subtropical, com invernos mais rigorosos). A RML, pertence a uma área de transição entre os climas quentes e frios, por isso possui características de regimes pluviais e temperaturas bastante distintas, com suas temperaturas médias variando entre 19 °C e 21°C (CARMELLO, 2011).

As massas de ar que atuam diretamente na Região Sul do Brasil, são originárias da América do Sul do Oceano Atlântico, uma delas tem sua ação atenuada no período do verão, a massa Equatorial Atlântica, já no inverno há a atuação da massa Polar Atlântica e a massa Tropical Atlântica a qual atua o ano inteiro sobre o local (CARMELLO, 2011).

A Figura 1, demonstra as taxas pluviométricas para a cidade de Londrina no ano de 2014, onde destaca-se os períodos de novembro a abril como as maiores taxas pluviométricas, onde, em grande parte, ocorre a estação do verão, já os meses entre junho a outubro apresentam menor índice de chuvas, caracterizando o inverno, sendo uma exceção o mês de setembro do ano de 2014, tendo em vista o alto índice de precipitações. Desta forma, o município se caracteriza por ter invernos secos e verões chuvosos com umidades relativas do ar elevadas.

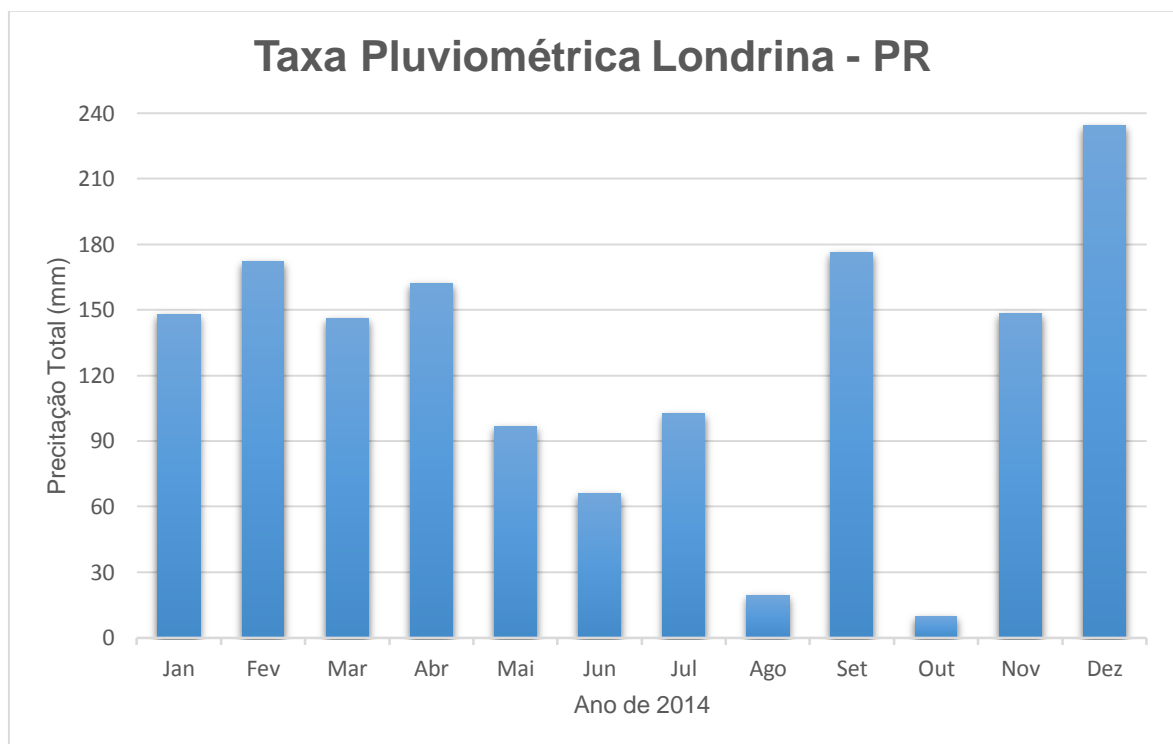


Figura 2 – Distribuição mensal pluviométrica de Londrina - PR.
Fonte: Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR, 2015).

A maior parte da RML, segundo a classificação de *Köppen*, é caracterizada como *Cfa*, clima subtropical úmido. Tendo por características: a estação do inverno com possíveis secas, porém, com chuvas em todas épocas do ano (DOURADO NETO, 1996), como pode ser observado pela Figura 2.

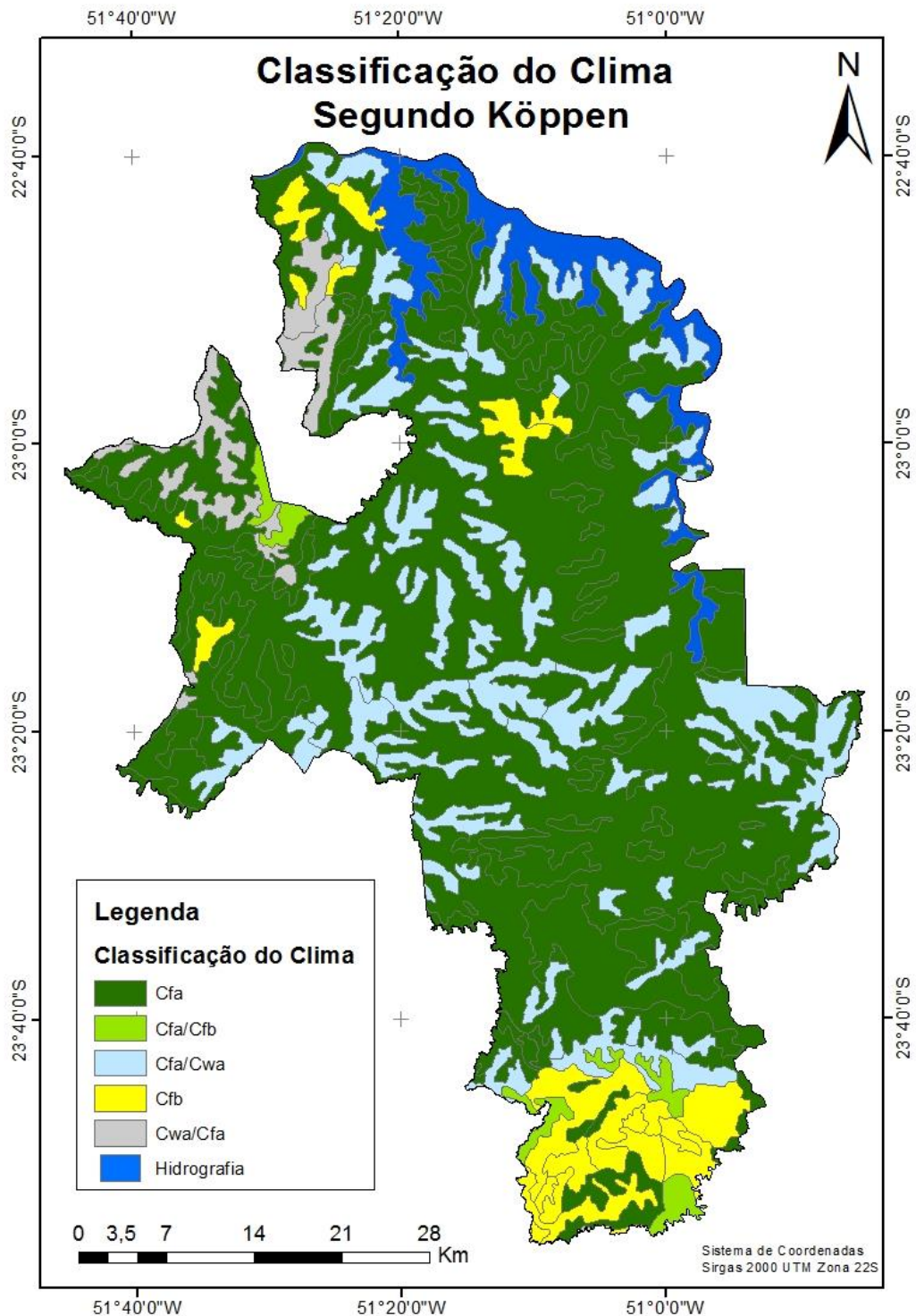


Figura 3 – Clima Região Metropolitana de Londrina (RML) segundo Köppen. Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

Em períodos de chuva mais intensos, a quantidade gerada de lixiviado é sem dúvida superior aos períodos de estiagem, levando a uma maior infiltração deste agente poluidor, sendo percolado por entre as partículas de solo não saturado, por fim entrando em contato com as zonas saturadas (lençóis freáticos). Quando em contato com estes, podem gerar uma pluma de contaminação, podendo chegar até as águas superficiais, degradando o fluxo de base em rios, ribeirões, córregos e lagoas (SANTOS, 2003).

4.1.3 Geologia

A área de estudo está inserida geologicamente na porção sudeste da Bacia Sedimentar do Paraná, entidade geológica com preenchimento sedimentar-magmático, situada no centro-leste da América do Sul, abrangendo uma área de cerca de 1.600.000 Km². Deste total, cerca de 1.000.000 km² está localizado em território brasileiro, distribuídos pelos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás (PETRI; FÚLFARO 1983).

Segundo Petri e Fúlfaro (1983), as extensas deformações estruturais tais como arcos, flexuras, sinclinais e depressões, posicionadas ao longo das margens da bacia, são classificadas como arqueamentos marginais, arqueamentos interiores e embaciamentos. Os mesmos autores ressaltam a importância dos grandes alinhamentos estruturais, a maioria com direção NW/EW, os quais influenciaram, ao longo da história evolutiva da bacia, as áreas de maior subsidência e, conseqüentemente, de maior sedimentação. Estes alinhamentos influenciaram ainda o magmatismo que afetou a bacia

A Bacia Sedimentar do Paraná sofreu com intenso vulcanismo fissural, constituindo ampla província magmática, definindo no Fanerozóico a maior manifestação ígnea não-oceânica e uma importante contribuição à geração da crosta ocidental do planeta. Esse evento traduziu-se na bacia, como uma espessa cobertura de lavas, uma intrincada rede de diques contando a completa seção sedimentar. Hoje, após 100 milhões de anos de retrabalhamento erosivo, ainda restam 3/4 da área total da bacia recoberta pelas rochas ígneas da Formação Serra Geral, com área de aproximadamente 1.200.000 km² abrangendo os estados do centro-sul do Brasil,

partes do Uruguai, Argentina e Paraguai, com uma espessura remanescente que se aproxima dos 2000 metros na região do Pontal do Paranapanema-SP (MILANI, 2004).

A RML encontra-se predominantemente assentada sobre a Formação Serra Geral. Tal formação pertence ao Grupo São Bento, o qual compreende ainda as formações Botucatu e Pirambóia, porém de ocorrência limitada na região sul da área de estudo (Figura 3).

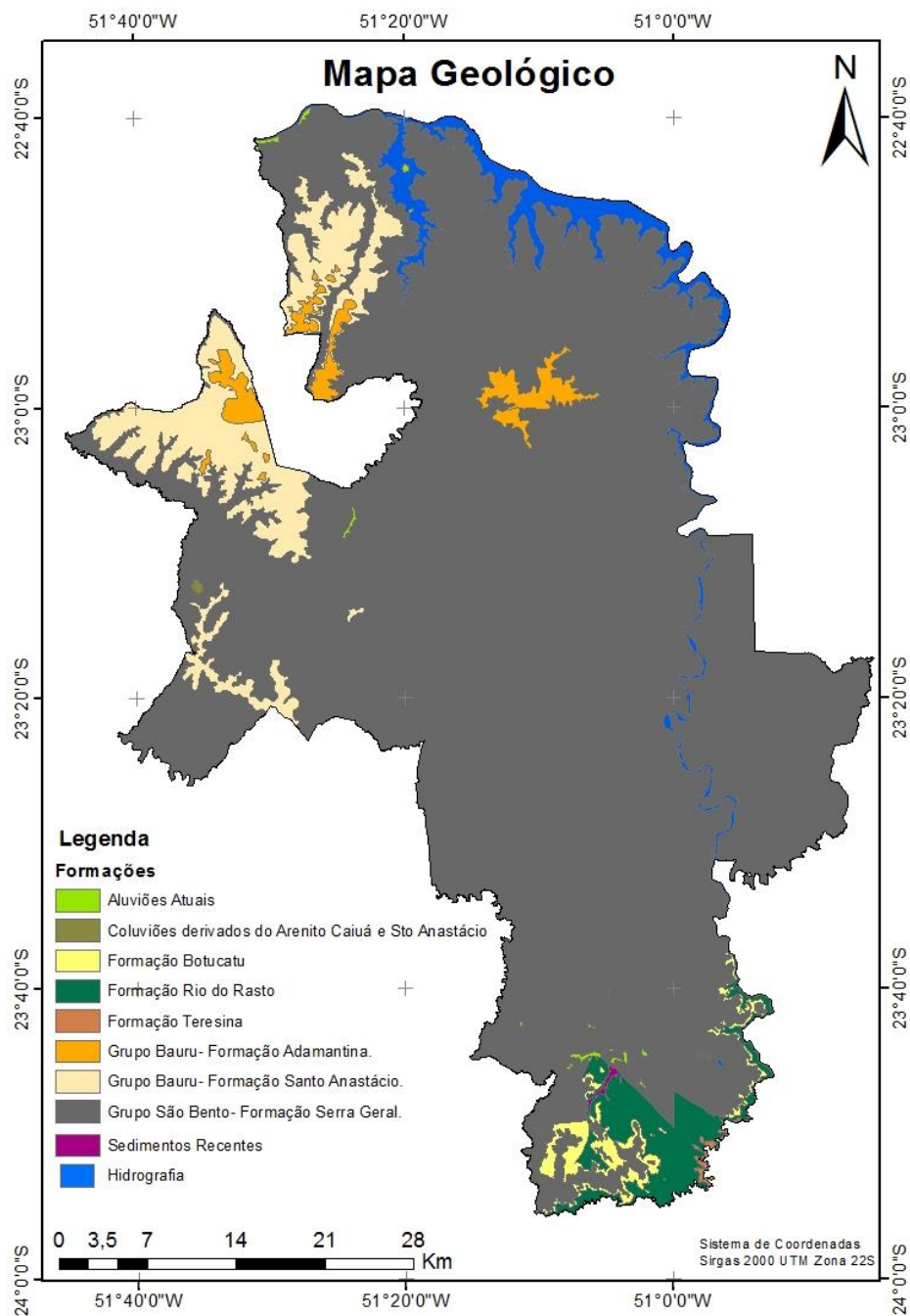


Figura 4 - Mapa geológico do município de Londrina.

Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

A Formação Serra Geral, de maneira generalizada, é composta principalmente por rochas vulcânicas básicas, toleíticas e andesitos basálticos ocorrendo subordinadas quantidades de riolitos e riolitos, de textura afanítica, coloração cinza e negra. Os topos dos derrames é geralmente amigdaloidal, apresentando grande desenvolvimento de juntas verticais e horizontais com intrusões alcalinas e de pequenas lentes de arenito (MILANI, 2004). Apresenta manto de intemperismo pouco espesso em algumas localidades e de até 30 metros nas regiões mais elevadas topograficamente.

Segundo Lastoria (2002), nos basaltos são comuns as fraturas de resfriamento, podendo até mesmo estabelecer-se uma certa “estratigrafia” de derrames basálticos com base nas fraturas encontradas. Assim, as fraturas horizontais predominam no topo e na base do derrame, enquanto as fraturas verticais dominam em sua parte central. Um outro tipo de fratura esperado é o fraturamento originado pelo alívio de carga. Conforme a erosão vai desgastando as rochas e retirando o solo, o peso sobre as rochas mais profundas vai diminuindo. As juntas que são geradas por este processo são abertas, o que facilita a percolação de líquidos.

4.1.4 Hidrogeologia

No presente estudo, embora ocorra outros tipos de sistemas aquíferos na RML, os mapeamentos resultantes do levantamento dos poços e análise de risco será restrito ao domínio hidrogeológico da Formação Serra Geral (SASG). Segundo Santos (2005), nesse tipo de formação existem duas formas principais de ocorrência de água subterrânea: o aquífero freático e o sistema aquífero fraturado, denominado SASG. Além disso, o sistema aquífero citado, serve como camada confinante superior do Sistema Aquífero Guarani (SAG), um dos principais reservatórios de água subterrânea na América Latina, mas ainda pouco explorado para o abastecimento hídrico no município de Londrina.

O aquífero freático, representado pelas camadas de solo e rocha alterada (saprolito), é produto direto do intemperismo das rochas vulcânicas basálticas. Dessa forma, esse aquífero constitui-se em um meio poroso relativamente homogêneo,

geralmente pouco espesso próximo às drenagens e com baixa profundidade do nível saturado.

Este aquífero tem características essenciais de aquífero livre, ou não-confinado. Dessa forma, a recarga se dá diretamente a partir de águas pluviais nas áreas mais elevadas topograficamente, aumentando os riscos em relação à contaminação ou poluição das águas subterrâneas.

Ao contrário dos sistemas aquíferos porosos, os quais possuem uma certa continuidade física, o SASG, por suas características litológicas de rochas cristalinas, se constitui em um meio aquífero de condições hidrogeológicas heterogêneas e anisotrópicas.

Dessa forma, o modo de ocorrência da água subterrânea fica restrito às zonas de descontinuidade das rochas basálticas, principalmente em estruturas tectônicas do tipo fratura e/ou falhamentos (Figura 4).

Segundo Santos (2005), a circulação de água nos basaltos é orientada pelo padrão de disjunção dessas rochas. Em geral, são as juntas verticais que permitem uma circulação mais franca, pela ação da gravidade que por sua vez irá alimentar as fraturas horizontais.

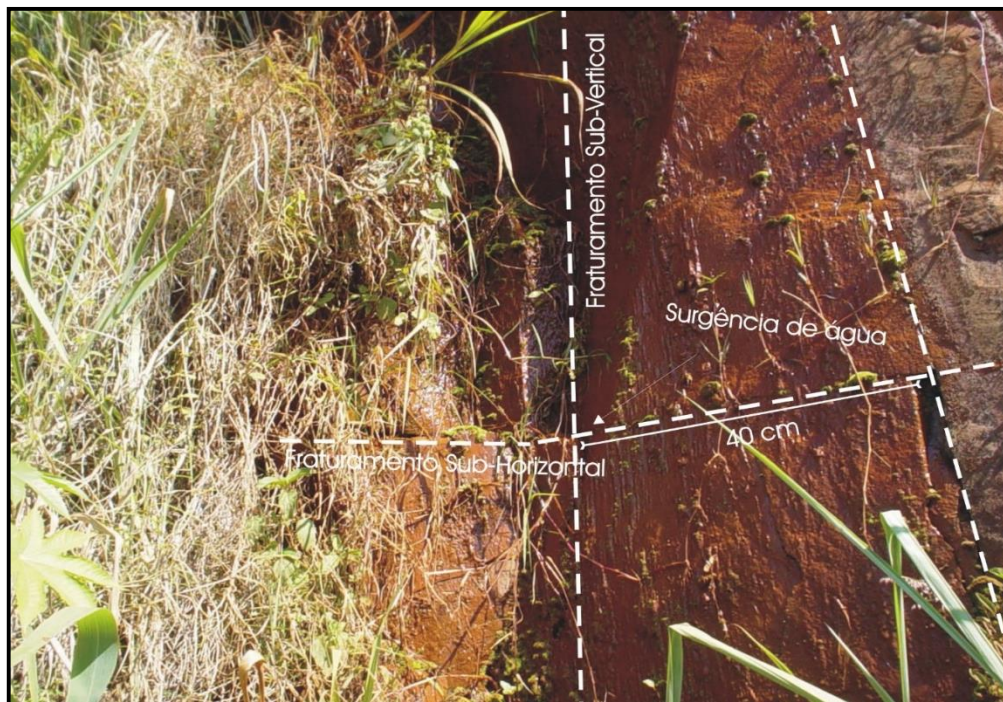


Figura 5 - Fraturas sub-verticais e sub-horizontais de pequeno porte com surgência de água na rodovia que liga os municípios de Londrina e Ibiporã.

Fonte: Santos (2005).

4.1.5 Solo

O solo de uma determinada região, bem como o clima, possui suas características constituídas através das peculiaridades do relevo local. O relevo influencia na quantidade de chuvas, tanto nos escoamentos superficiais, quanto nos horizontais e as chuvas são um dos principais agentes do intemperismo, assim, determinando qual tipo de solo irá se desenvolver naquele local (MANOSSO, 2006).

A RML está firmada sobre o Terceiro Planalto Paranaense, onde em sua maior parte foi formado por vulcanismo fissural. Portanto o solo desta porção é formado basicamente por derrame de lava vulcânica sobre o solo (MANOSSO, 2006).

O solo pertencente ao Terceiro Planalto Paranaense é caracterizado principalmente pela sua alta fertilidade, pois em grande parte, é resultado da decomposição das rochas eruptivas básicas, sendo formada uma argila com elevada coesão de suas partículas, a chamada de terra rocha. Ainda, vale ressaltar que este tipo de solo tem grande capacidade para retenção de água e nutrientes, conferindo a ele fertilidade natural, propício ao plantio agrícola (MANOSSO, 2006).

Segundo o ITCG (2014), são encontrados cinco tipos de solos predominantes na RML, o Nitossolo, Latossolo, Neossolo, Argissolo e Gleissolo, em ordem decrescente de abundância, como mostra a Figura 5.

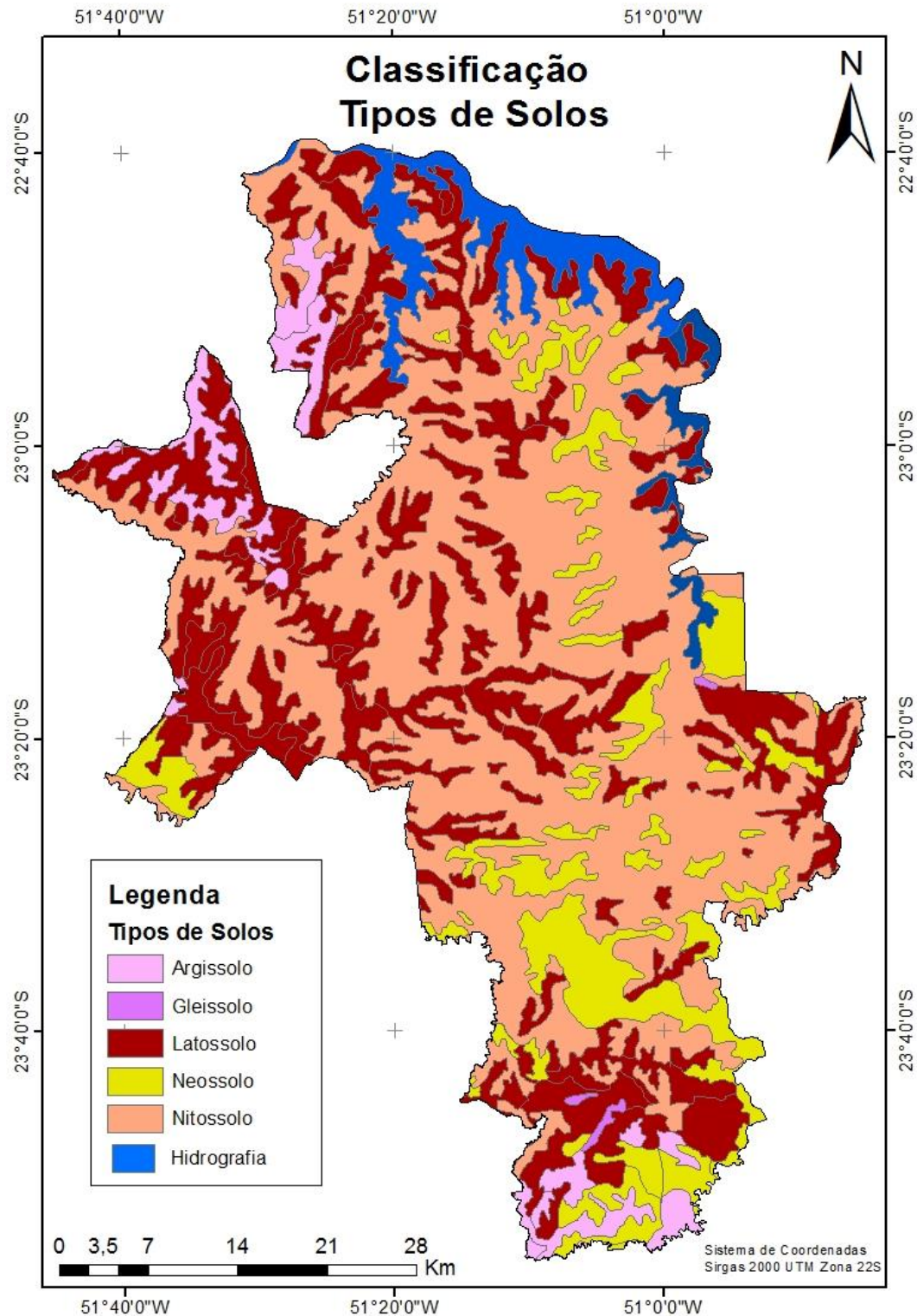


Figura 6 – Tipos de Solo Região Metropolitana de Londrina (RML).
Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

O tipo de solo mais abundante na RML, o Nitossolo, possui a característica marcante de sua coloração, variando de vermelho intenso a avermelhado, devido à presença abundante de argila em sua composição. São moderadamente ácidos a ácidos, tem extrema importância para a agricultura devido ao fato de responderem positivamente ao uso de corretivos (SANTOS; ZARONI; ALMEIDA, 2008).

Os Latossolos, são solos os quais sofreram muito com a ação do intemperismo, por isso tem características bastante distintas da rocha de origem, geralmente tem baixa fertilidade, em sua maioria possuem características ácidas e são formados em parte por silte (valores inferiores a 20%) e em maior abundância pela argila. Tem profundidade elevada e sua coloração varia de vermelho muito escuro a amarelado (SOUSA; LOBATO, 2006).

Os Neossolos ao contrário dos Latossolos são solos pouco evoluídos, constituídos por material mineral ou por uma fina camada de material orgânico. De modo geral são solos rasos, são muito susceptíveis a processos erosivos, pois, possuem baixa capacidade de retenção de água e quaisquer outras substâncias, suas características predominantes são da rocha de origem (MAZZA, 2006).

Segundo Lima, Lima e Melo (2012), os Argissolos, são compostos por características arenosas em sua parte mais superficial, desta forma, acumula menos nutrientes nesta porção, porém, em seu horizonte pouco mais profundo possui característica argilosas. Grande parte dos problemas com erosões no estado do Paraná ocorrem pela presença deste tipo de solo.

Em menos de 1% do estado do Paraná ocorrem a presença dos Gleissolos, são característicos de regiões planas ou áreas de várzea e banhados dos rios. Por se localizarem próximos a ambientes de cursos d'água, apresentam-se muito saturados, facilitando a contaminação das águas subterrâneas por diversos tipos de elementos e produtos químicos (LIMA; LIMA; MELO, 2012).

Conseqüentemente, solos com grande capacidade de retenção de elementos, possuem baixa permeabilidade, dificultando a infiltração de quaisquer substâncias. Isto posto, conclui-se que solos constituídos em grande parte por argila, como é o caso da RML, são ideais para a instalação de aterros sanitários, pois, reduzem a taxa de infiltração de contaminantes provenientes da degradação dos RSU dispostos (OLIVEIRA; PASQUAL, 2004).

4.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 10.004:2004) classifica os resíduos sólidos como, quaisquer materiais resultantes das atividades: indústrias, domésticas, agrícolas, comerciais, serviços de saúde, serviços e varrições, apresentados em seus estados físicos sólidos ou semissólidos. A ABNT NBR 10004:2004, ainda classifica como resíduos sólidos, os lodos provenientes de ETA (Estações de Tratamento de Água), resultante de equipamentos e estações de tratamento de poluentes gasosos, efluentes líquidos que por suas composições não podem ser lançados nas redes de coleta pública de esgotos e corpos hídricos ou para aqueles os quais não seja possível seu tratamento por ser tecnicamente e economicamente inviável.

A PNRS (Lei 12.305/2010), define resíduos sólidos, em seu Art. 3º, inciso XVI, como:

“Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.”

Os resíduos sólidos, segundo a ABNT NBR 10.004:2004, são divididos em duas classes: resíduos de Classe I (Perigosos) e os resíduos de Classe II (Não Perigosos), porém, esta última é subdividida em outros dois grupos, os resíduos Classe II A (Não Inertes) e resíduos Classe II B (Inertes). Por esta mesma Norma, pode-se verificar que as diferentes características físicas, químicas e biológicas dos resíduos sólidos definem a qual categoria pertencem.

Para que um resíduo sólido seja classificado como Perigoso (Classe I), em conformidade com a ABNT NBR 10.004:2004, deve apresentar, pelo menos um destes, aspectos específicos: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Já os resíduos de Classe II A, não inertes, em contato com o meio ambiente apresenta características de biodegradabilidade, combustibilidade ou

solubilidade em água, enfim, estes tipos de resíduos reagem com o ambiente onde estão em contato (ABNT NBR 10.004:2004).

Os resíduos sólidos que quando expostos a contato direto com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não alteram os padrões da qualidade da água em questão de sua potabilidade, podem ser classificados como Classe II B, sendo estes inertes (ABNT NBR 10.004:2004).

A fim de realizar um esquema de fácil visualização para a classificação dos resíduos sólidos a ABNT NBR 10004:2004, formulou um fluxograma de acordo com o ANEXO A.

4.3 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

A norma ABNT NBR 8.419:1992, define os RSU como:

“Resíduos gerados num aglomerado urbano, excetuando os resíduos industriais perigosos, hospitalares sépticos e de aeroportos e portos já definidos anteriormente”

Segundo a Lei 12.305/2010, os RSU são classificados de acordo com a sua origem, estes sendo provenientes de domicílios e atividades de limpeza urbana. Englobando o primeiro, os resíduos originários das atividades domésticas em residências urbanas e o segundo, originários dos serviços de varrição, limpeza de logradouros e vias públicos, dentre outros serviços urbanos.

Segundo a ABRELPE (2013) no ano de 2013 foi gerado o montante de pouco mais de 76 milhões de toneladas de RSU em todo o Brasil, superando em 4,1% o total gerado no ano anterior (em média 62 milhões de toneladas ano). Este índice, mostrou-se superior à taxa de crescimento da população brasileira do mesmo ano (2013) de 3,7% (ABRELPE, 2013), o cenário demonstra o crescimento frenético da geração de resíduos sólidos, grande parte devido ao consumismo, elevando a produção “per capita” do lixo, aumentando assim a demanda por áreas de disposição final destes.

Ainda, segundo a ABRELPE (2013) em 2013, 58,26% dos RSU tiveram um destino ambientalmente correto, sendo os 41,74% restante dispostos

inadequadamente. Este percentual disposto de forma incorreta ainda é elevado, demonstrando a carência do país por aterros sanitários construídos sob os parâmetros da engenharia e operados por profissionais capacitados para a atividade.

No ano de 2013 os 1.191 Municípios constituintes da região sul do Brasil geraram um montante de 21.922 toneladas por dia de RSU, este valor superou em 2,7% o valor produzido em 2012 (ABRELPE, 2013). A coleta foi realizada para 94,1% de todo RSU gerado no ano de 2013, tendo um aumento de 4,4% comparado ao ano anterior (ABRELPE, 2013).

Segundo a ABRELPE, em 2013 o Estado do Paraná gerou pouco mais de 8 mil toneladas por dia de RSU, deste total 70% teve o destino ambientalmente correto (aterro sanitário) e os outros 30% restante foram para lixões e aterros controlados. Este último nada mais é que um vazadouro a céu aberto, pois, mesmo possuindo o nome de aterro, esta forma de disposição final possui falhas em suas estruturas que prejudicam muito o meio ambiente.

4.4 SITUAÇÃO DA DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) NA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA (RML)

A Tabela 1, pontua as populações totais dos municípios constituintes da RML, bem como a sua forma de disposição final dos RSU gerados.

Tabela 1 – Situação da Disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) da Região Metropolitana de Londrina - 2012

Municípios	População (Habitantes)	Forma de Disposição Final		
		Lixão	Aterro Controlado	Aterro Sanitário
Alvorada do Sul	10 283	X		
Assaí	16 354			X
Bela Vista do Paraíso	15 079	X		
Cambé	96 733	X		
Florestópolis	11 222	X		
Ibiporã	48 198			X
Jaguapitã	12 225	X		
Jataizinho	11 875	X		
Londrina	506 701			X
Pitangueiras	2 814	X		
Porecatu	14 189	X		
Primeiro de Maio	10 832	X		
Rolândia	57 862			X
Sabáudia	6 096	X		
Sertanópolis	15 638	X		
Tamarana	12 262	X		

Fonte: Melo, Barros, Fernandes (2015).

De acordo com o Melo, Barros e Fernandes (2015), pode ser observado que grande parte dos municípios constituintes da RML destinam seus resíduos de forma inadequada. A Tabela 1 revela o fato de apenas 4 municípios constituintes da RML destinarem de forma adequada seus RSU, estando os demais em desconformidade com a PNRS (Lei 12.305/2010).

4.5 POSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

4.5.1 Vazadouro a céu aberto – Lixão

A caracterização de um vazadouro a céu aberto (Lixão) é bem simples, pois, os resíduos sólidos municipais são somente descartados em uma área determinada sem quaisquer medidas de controle ambiental ou em relação a saúde pública (ITC/CEMPRE, 2000). Infelizmente é a forma mais comum de despejo em países em desenvolvimento, não havendo nenhum critério de escolha da área para descarte dos resíduos.

Não há a segregação ou distinção dos resíduos sólidos nestes locais de despejo a céu aberto, resíduos contaminados como os provenientes de serviço de saúde entram em contato com os resíduos domiciliares, acabando por disseminar agentes patógenos e promover a proliferação de vetores (ITC/CEMPRE, 2000).

Uma das grandes características dos lixões é a presença de pessoas realizando a “catação” do resíduos sólidos ali presentes e animais como: gatos, cachorros, urubus, gaivotas, dentre outros, permanecendo ali para se alimentarem (Figura 6). Além de exalarem extremo mau cheiro, contaminam o solo e conseqüentemente as águas subterrâneas diretamente pelo lixiviado, provocado pela decomposição da matéria orgânica.



**Figura 7 – Atividade humana de “catação” e a presença de vetores (Urubu) – Lixão a céu aberto.
Fonte: Cyntra (2011).**

4.5.2 Aterro Controlado

Segundo a NBR 8.849 de 1985 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), os aterros controlados possuem critérios da engenharia em sua estrutura, assim sendo menos poluidores em comparação aos lixões.

Os aterros controlados devem ser revestidos com material inerte (solo) ao final de cada dia de jornada de trabalho, bem como nos aterros sanitários. Porém, não há a existência de sistema de queima do gás metano produzido (CH_4 – gás do efeito estufa), geomembranas impermeabilizantes para o solo deixando o percolado infiltrar atingindo as águas subterrâneas, sistema de coleta e tratamento do lixiviado (ABNT 8.849, 1985).

Desta forma, o aterro controlado somente evita a atração de vetores, pois, é recoberto com solo, por outro lado é tão prejudicial ao meio ambiente quanto o vazadouro a céu aberto.

4.5.3 Aterro Sanitário

Os lixões e os aterros controlados, estão proibidos de acordo com a PNRS (Lei 12.305/2010) desde agosto de 2014, portanto, os municípios que não adequarem ambientalmente seus locais de disposição final de RSU, estarão em desacordo com a lei mencionada.

Em virtude deste fato, foram pontuadas definições de aterro sanitário por diversas normas, a fim de auxiliar e conduzir as ações construtivas e operacionais destas áreas ambientalmente adequadas de disposição final de RSU.

A ABNT NBR 8.419 de abril de 1992, traz a apresentação dos projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, definindo o aterro sanitário como:

“ Técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza critérios da engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área a possível e reduzi-los ao menos volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores se necessário. ”

A PNRS em seu Art. 3º, inciso VIII, define a disposição final ambientalmente adequada, como aquela realizada em aterros sanitários, onde serão dispostos os rejeitos - resíduos os quais não poderão ser reaproveitados para a reciclagem, compostagem e logística reversa – respeitando as normas operacionais, desta forma garantindo a saúde e o bem estar da população, sempre buscando a minimização dos impactos ao meio ambiente.

Para a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 1995), a técnica ambientalmente correta de destino final dos RSU em aterros sanitários, é a evolução de uma ação pretérita do homem de aterrar seus resíduos gerados, porém, seguindo rigorosamente a critérios e técnicas da engenharia.

De forma simples e direta, a CETESB (1995) ainda afirma, que a disposição final de RSU em aterros sanitários consiste em compactar os resíduos ao seu menor tamanho, sempre aterrando ao final do dia, evitando a atração de pessoas e vetores, tendo o total controle do montante de resíduos ingressantes no local por meio de fiscais, os quais são alocados em guaritas.

Existem dois tipos distintos de aterros sanitários, diferenciando-se pela forma de disposição dos resíduos no solo, de acordo com a CETESB (1995), são:

- **Aterro Sanitário Convencional:** nesta forma os Resíduos Sólidos Urbanos são dispostos acima do nível natural do solo, compactados com o auxílio de máquinas contra taludes (naturais ou artificiais);
- **Aterro Sanitário em Valas:** trincheiras ou valas são escavadas no solo, a fim de facilitar a criação das camadas de Resíduos Sólidos Urbanos e seu posterior aterramento, ao finalizar a operação da vala, o terreno ganha novamente seu nível natural.

A CETESB (1995), ainda lista alguns aspectos que são essenciais para a caracterização de um aterro sanitário:

- A base do aterro deve estar impermeabilizada impedindo a percolação no solo do chorume, não permitindo a contaminação das águas

subterrâneas. A impermeabilização deve ser feita através da utilização de geomembranas sintéticas ou com a utilização de argilas ou outros materiais;

- Deve existir um sistema de coleta de chorume e águas pluviais, onde devem ser destinados para uma lagoa de tratamento, mais especificamente no estado do Paraná o IAP (Instituto Ambiental do Paraná) recomenda a recirculação do chorume como técnica para o tratamento do percolado, de acordo com a Resolução Conjunta nº 01/2006 (SEMA/IAP/SUDERSHA);

- A existência de drenos para a coleta e queima do CH₄ (biogás).

Não somente a operação de um aterro sanitário é importante, como também as suas estruturas ao entorno, denominadas áreas de apoio. Sendo estas estradas em boas condições para dar acesso ao local, caminhos internos permitindo a fácil interligação entre os diferentes pontos do aterro, guarita para controlar a entrada e saída de veículos, balanças para serem pesados os resíduos e cercas para delimitar e o isolar o aterro sanitário (CETESB, 1995).

De acordo com a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 1995), a função primordial de um aterro sanitário é dispor de forma segura os RSU, a fim de assegurar o bem estar da população e garantir a proteção e manutenção dos ecossistemas locais, evitando contaminações.

4.6 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERROS DE RESÍDUOS (IQR)

Desenvolvido pela CETESB, o Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR), tem por finalidade avaliar as condições gerais das áreas de disposição final de RSU. Para isto, faz uso de notas variando de zero a dez, a fim de, determinar se os sistemas avaliados promovem condições adequadas, controladas ou inadequadas, sendo lançadas anualmente (SILVA et al, 2012).

A escala de notas significa a qualidade do aterro de resíduos, recebendo a nota zero, aqueles locais sem nenhum tipo de controle ambiental e sanitário e dez, a forma mais adequada de dispor de maneira final os RSU (SILVA et al, 2012).

Para um local de disposição final de RSU ser considerado como adequado pelo IQR, as suas características ambientais e sanitárias devem estar de

acordo com os parâmetros estabelecidos por lei e construídos com base nos requisitos da engenharia. Caso apresente todos estes pré-requisitos, a referida área será considerada como aterro sanitário (SILVA et al, 2012).

Os sistemas considerados como controlados, são sistemas falhos, os quais, possuem somente o controle da cobertura por material inerte e compactação da célula de disposição final de RSU, nomeado de aterro controlado. Já os locais que recebem a classificação inadequada, configuram-se em áreas as quais não há nenhum tipo de manejo adequado, possuem potencial extremamente impactante para o meio e devem ser desativados, os chamados lixões (SILVA et al, 2012).

A Tabela 2, abaixo demonstra como são classificados os locais de disposição final de RSU, em virtude de suas notas recebidas pelo IQR:

Tabela 2 – Classificação dos locais de disposição final de RSU de acordo com as notas do IQR.

Nota IQR	Classificação	Tipo de gestão
IQR ≤ 6,9	Inadequado	Gestão ineficiente
IQR ≥ 7,0	Adequado	Gestão eficiente

Fonte: Melo, Barros, Fernandes (2015).

As notas do IQR são construídas a partir de dados construtivos do aterro, levando em consideração não somente os parâmetros da engenharia, mas sim, as formas como as atividades no local são conduzidas, os chamados fatores operacionais. E também as condições ambientais que o local onde o aterro será instalado (SILVA et al, 2012).

4.7 DEGRADAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Quando dispostos inadequadamente, os RSU, são expostos aos diferentes eventos climáticos naturais, como a chuva e os microrganismos, os quais atuam na estrutura física, química e biológica daqueles. O que resulta na degradação destes, formando principalmente o lixiviado e o biogás (ZANTA; FERREIRA, 2008).

O gás produzido, o CH_4 , é resultado da conversão/degradação da matéria orgânica em sua forma solúvel e gasosa. O CH_4 é um dos gases causadores do efeito estufa (ZANTA; FERREIRA, 2008).

Já o lixiviado, de nome popular chorume, é um líquido escuro, de odor fétido com pH maior que 7,5, com potencial extremamente poluidor do meio ambiente (SANTOS, 2003). Este líquido, é resultado da decomposição dos RSU em finas partículas e em materiais solúveis, carregados pelas águas da chuva, percolando nas partículas do solo, podendo atingir o lençol freático (ZANTA; FERREIRA, 2008).

A Figura 7, exibe os principais impactos causados pelas disposições inadequadas dos RSU (geração de gases e lixiviados):

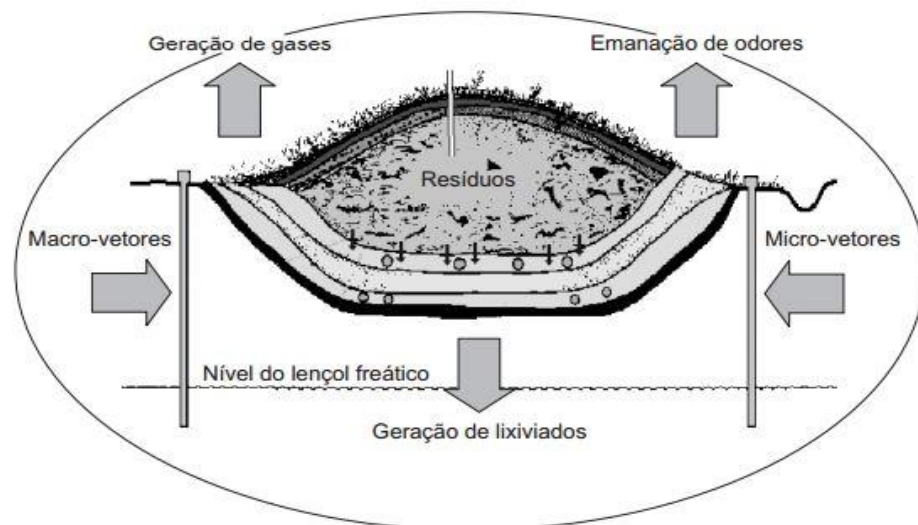


Figura 8 – Principais impactos causados pela disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de forma inadequada no solo.
Fonte: Zanta, Ferreira, 2008.

A quantidade de água recebida por um aterro é o principal fator que influenciará na degradação dos materiais nele contido, pois, a água irá atuar como um catalisador para a reação ocorrer, desta forma aumentando o teor de umidade dos resíduos sólidos, produzindo mais lixiviado. Desta forma, quanto maior o regime

pluviométrico de uma determinada região, maior será a quantidade de chorume percolado (SANTOS, 2003).

4.8 CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS FAVORÁVEIS A DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Os critérios que devem ser levados em consideração, principalmente, na classificação de uma área para disposição final de RSU estão pontuados a seguir: declividade, espessura do solo, hidrografia, profundidade do lençol freático, permeabilidade do solo e distância a corpos hídricos superficiais (COSTA, 2001).

A ABNT NBR 13.896:1997 estabelece exigências mínimas para a instalação de aterros sanitários, a fim de reduzir ao máximo os impactos ambientais e sociais causados pela sua operação. Também garante que a sua instalação esteja dentro dos padrões de zoneamento do Município onde será alocado, desta forma otimizando a sua vida útil.

Segundo a ABNT NBR 13.896:1997 são caracterizadas como áreas impróprias a instalação de aterros sanitários:

“Áreas de recarga de aquíferos, áreas de proteção de mananciais, mangues, *habitat* de espécies protegidas, áreas de preservação permanente conforme declaradas pelo Código Florestal, ou áreas de proteção ambiental – APA's”

O solo ideal para a instalação de um aterro sanitário de disposição final de RSU deve ter o coeficiente de permeabilidade inferior a $5 \cdot 10^{-5}$ cm/s (ABNR NBR 13.896:1997), sendo o solo argiloso o mais adequado para a sua acomodação.

Segundo Gregório (2013), os aterros sanitários devem ser alocados com o mínimo de 300 metros de distância de estradas e rodovias, com o intuito de minimizar os impactos visuais e olfativos, liberado pelo mau cheiro dos resíduos recém chegados no local.

A Tabela 3 demonstra as exigências mínimas para a alocação de aterros sanitários de acordo com Lisboa e Santos (2012) em conformidade com a ABNT NBR 13896:1997.

Tabela 3 – Exigências mínimas para a alocação de aterros sanitários (ABNT NBR 13.869:1997).

Critérios	Classificação das Áreas		
	Recomendado	Recomendado com Restrições	Não Recomendado
Vida Útil	≥ 10 anos	< 10 anos	
Distância do Gerador	10 até 20 Km		> 20 Km
Zoneamento Ambiental	Áreas sem restrições		ZEPAM ¹ ZEPEC ² Zona de amortecimento
Zoneamento Urbano	Vetor de crescimento mínimo	Vetor de crescimento intermediário	Vetor de crescimento principal
Densidade Demográfica	Baixa	Média	Alta
Uso e Ocupação do Solo	Terras devolutas e de baixo índice de ocupação		Área residencial de ocupação intensa
Valor da terra	Baixo custo	Médio custo	Alto custo
Distância de núcleos habitacionais	> 500 m		< 500 m
Aceitação da vizinhança	Boa aceitação	Aceitação razoável	Inaceitável
Distância de cursos d'água	> 200m	< 200m	
Profundidade do lençol freático	50 m	Até 15 m	< 15 m
Declividade	Até 10%	Maior que 10% e Menor que 20%	Maiores que 20%

Fonte: ABNT NBR 13.869:1997 e Lisboa, Santos (2012).

¹ ZEPAM – Zona Especial de Preservação Ambiental

² ZEPEC – Zona Especial de Preservação Cultural

4.9 MAPEAMENTO DE ÁREAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

As áreas para disposição final de RSU, tornam-se cada vez mais escassas, devido ao aumento populacional e a conseqüente demanda por mais produtos, aumentando o descarte de materiais. Contudo o poder público municipal acaba preferencialmente escolhendo locais com valores econômicos mais baixos, que, por muitas vezes, não são a melhor opção em detrimento ao meio ambiente (SAMIZAVA et al, 2008).

A escolha destes locais de disposição final de RSU tem complexidade elevada, pois, vários fatores devem ser levados em consideração, com a finalidade de proteger o meio ambiente, a saúde e o bem estar da população. Mas, este impasse vem sendo reduzido com a utilização de técnicas de geoprocessamento para realizar estas análises, por meio de ferramentas computacionais, como *softwares* SIG (Sistema de Informação Geográfica), dando suporte na escolha e na avaliação de áreas propícias a instalação de aterros sanitários (SAMIZAVA et al, 2008).

Para Frigo et al (2013), a utilização de técnicas de geoprocessamento facilita a integração de dados espaciais, desta forma, torna-se uma ferramenta importante para o estudo de áreas de disposição final de RSU. O uso do SIG possibilita encontrar problemas com maior rapidez e confiabilidade dos dados, assim auxiliando na tomada de decisões.

Mesmo com todas as facilidades trazidas pelo uso dos *softwares* SIG, a classificação e estudo das áreas de aterros sanitários não deve somente se basear neste tipo de método. Ainda se faz necessário serem realizados trabalhos de campo em virtude da escala, acabando por omitir detalhes, pois, um mesmo local pode qualificar diferentes classificações em suas porções internas (WAQUIL et al, 2000).

4.10 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Em relação ao tipo de abastecimento de água por cada município do país, tem-se: 47% dos municípios brasileiros são abastecidos por mananciais superficiais, 39% por água subterrânea e 14% pelo sistema misto, sendo metade proveniente de mananciais superficiais e parte de águas subterrâneas (ATLAS BRASIL, 2010).

A Tabela 4 abaixo demonstra as formas de abastecimento na Região Sul do Brasil:

Tabela 4 – Sedes urbanas abastecidas por tipo de manancial Região Sul do país – 2010.

Estado	Tipo de Abastecimento			Sem informação	Total de Municípios
	Misto	Água subterrânea	Manancial Superficial		
Paraná	89	221	86	3	399
Santa Catarina	67	268	134	9	469
Rio Grande do Sul	58	68	165	2	293
Total	214	575	385	14	1.188

Fonte: ATLAS Brasil (2010).

Como pode ser observado na Tabela 4 o Paraná (PR) é o segundo maior estado do Brasil da Região Sul, com 399 Municípios, perdendo para o Rio Grande do Sul (RS) com 469 Municípios. Também, destaca-se que a maior parte de abastecimento de água no PR é feita por água subterrânea cerca de 55,3%, sendo que 21,6% é realizada por manancial superficial e 22,3% por abastecimento misto (ATLAS BRASIL, 2010).

Os principais sistemas aquíferos da RML são: SASG, Caiuá e Sistema Aquífero Guarani (SAG). Com relação a seus domínios hidrogeológicos, o primeiro representa domínio fraturado vulcânico e os outros dois domínios de porosidade intergranular (ATLAS BRASIL, 2010).

Os tipos de sistemas aquíferos, presentes na RML, podem ser verificados a partir da Figura 8:

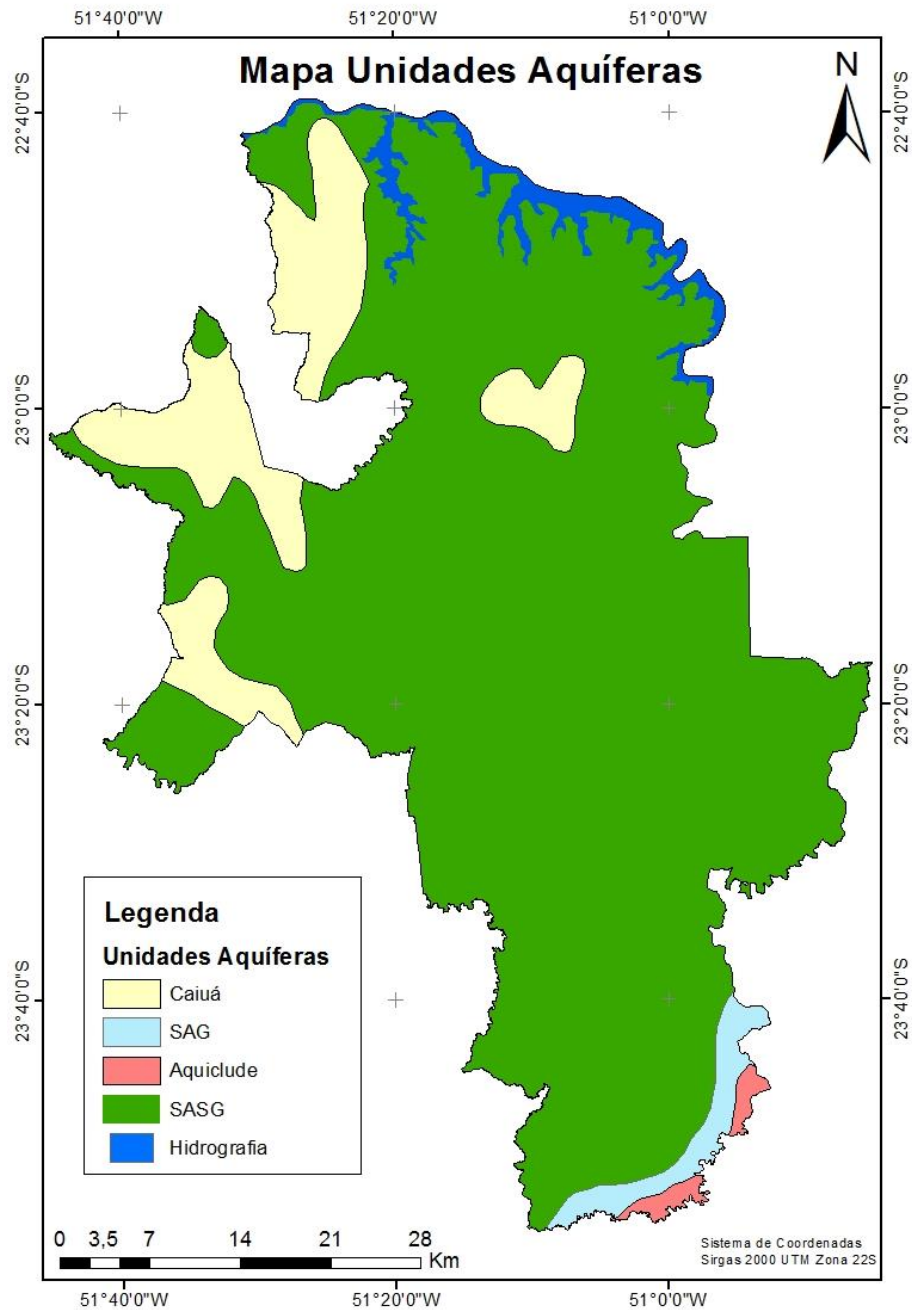


Figura 9 – Unidades Aquíferas Região Metropolitana de Londrina (RML).
Fonte: Adaptado Instituto de Terra, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

A água em aquíferos de domínio fraturado ocupa um espaço confinado entre rochas, onde estas preteritamente foram fissuras pela movimentação tectônica ou contração térmica. O domínio fraturado-vulcânico é uma subdivisão do domínio fraturado, onde se diferenciou daquele, por se configurarem como áreas mais propícias ao acúmulo de água (ATLAS BRASIL, 2010).

Por sua vez os aquíferos de domínios porosos, são aqueles que retém e acumulam a água entre os grãos do material inconsolidado e a rocha matriz. Estes tipos de aquíferos, configuram-se como os mais extensos, profundos e produtivos (ATLAS BRASIL, 2010).

4.10.1 Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS)

O Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), desde 1996 serve de auxílio para o Serviço Geológico Brasileiro (SGB), foi fundamentalmente pensado e criado para armazenar, sistematizar e disponibilizar dados e informações georreferenciadas (LIMA; BRANCO, 2010).

O SIAGAS é um sistema de informação sobre águas subterrâneas de todo território brasileiro, esta ferramenta foi criada pelo SGB, o qual o mantém em funcionamento. Por meio do mapeamento e pesquisas hidrogeológicas, auxiliam na gestão e fiscalização das águas subterrâneas do país e também, integra-se a outros sistemas (CPRM, 2005).

Com os grandes desafios de gestão relacionados aos recursos hídricos, principalmente os subterrâneos, foi criada a Lei Federal 9.433 de 08 de janeiro de 1997 onde instituiu o Sistema de Informações sobre os Recursos Hídricos (RH) no Brasil, onde tinha por finalidade tentar gerenciar de forma simples e rápida os dados sobre os recursos hídricos do país (NASCIMENTO et al, 2008).

A finalidade principal do Sistema de Informações sobre os recursos hídricos é ter a gestão integrada das informações sobre as disponibilidades e demandas por RH no Brasil. Para isso, os dados são constantemente atualizados e divulgados (LARINI, 2013).

O SIAGAS apresenta uma ferramenta de pesquisa, por onde pode ser averiguado as informações sobre os poços tubulares profundos cadastrados em seu

sistema. As informações que serão fornecidas ao sistema SIAGAS, são divididas em categorias, citadas abaixo:

- 1) Dados Gerais;
- 2) Dados Construtivos;
- 3) Dados Geológicos;
- 4) Dados Hidrogeológicos;
- 5) Dados sobre o Teste de Bombeamento;
- 6) Análises Químicas.

5. METODOLOGIA

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA (RML)

A RML do ano 2012, engloba 16 diferentes municípios, sendo eles: Londrina, Bela Vista do Paraíso, Cambé, Ibiporã, Jataizinho, Rolândia, Sertãoópolis, Tamarana, Alvorada do Sul, Assaí, Jaguapitã, Pitangueiras, Sabáudia, Florestópolis, Porecatu e Primeiro de Maio, demonstrado pela Figura 9 (PERFIL DA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA, 2012).

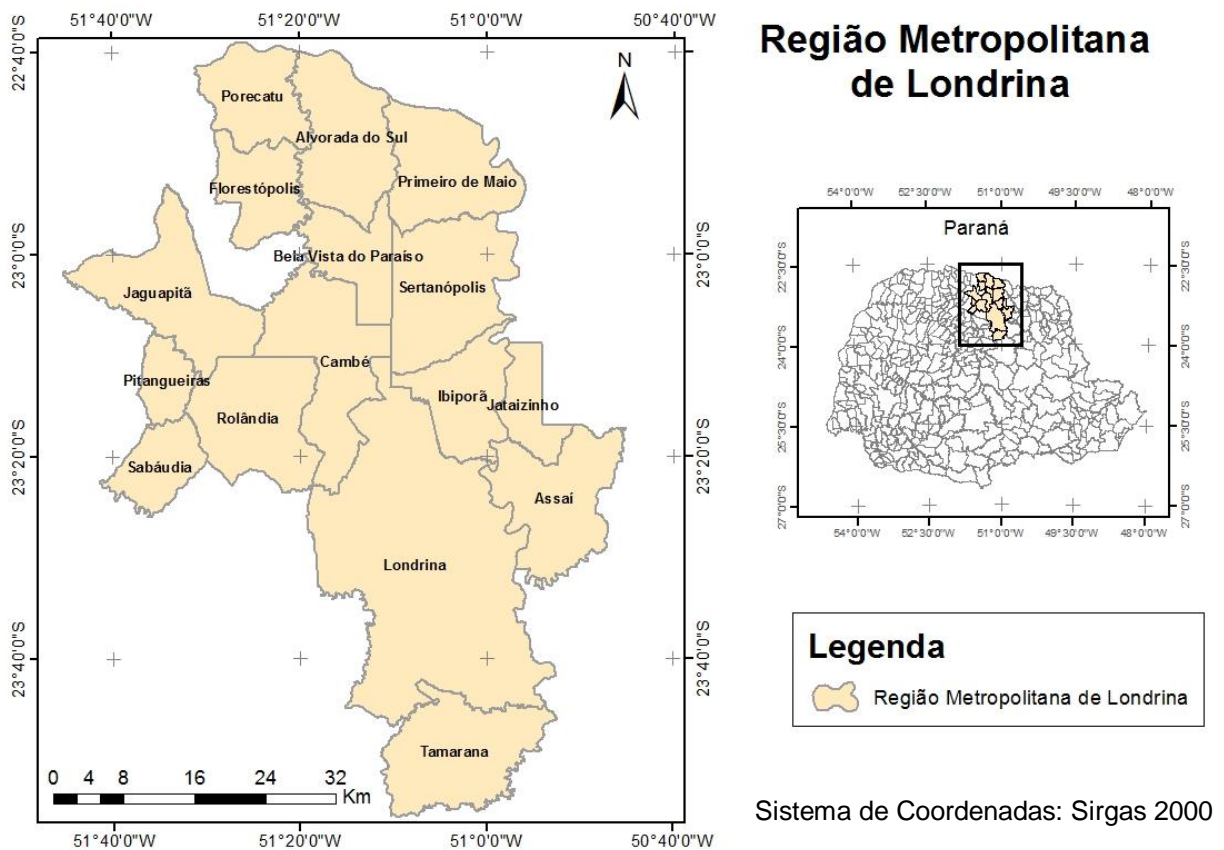


Figura 10 – Região Metropolitana de Londrina (RML).

Fonte: Adaptado Instituto de Terra, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

A Tabela 5 pontua cada município pertencente a RML, sua extensão territorial, bem como sua localização espacial.

Tabela 5 – Municípios pertencentes a Região Metropolitana de Londrina, bem como sua extensão e localização espacial.

Município	Área total (Km ²)	Coordenadas	
		Latitude	Longitude
Alvorada do Sul	424,25	22°46'49" S	51°13'52" W
Assaí	440,35	23°22'24" S	50°50'29" W
Bela Vista do Paraíso	242,69	22°59'48" S	51°11'26" W
Cambé	494,87	23°16'33" S	51°16'42" W
Florestópolis	246,33	22°51'48" S	51°23'14" W
Ibiporã	297,74	23°16'09" S	51°02'53" W
Jaguapitã	475,00	23°06'49" S	51°31'55" W
Jataizinho	159,18	23°15'15" S	50°58'48" W
Pitangueiras	123,23	23°13'50" S	51°35'08" W
Porecatu	291,67	22°45'21" S	51°22'45" W
Primeiro de Maio	414,44	22°51'02" S	51°01'42" W
Rolândia	459,02	23°18'35" S	51°22'09" W
Sabáudia	190,33	23°19'03" S	51°33'09" W
Sertanópolis	505,53	23°03'31" S	51°02'11" W
Tamarana	472,16	23°43'24" S	51°05'50" W
Londrina	1.653,08	23°18'37" S	51°09'46" W

Fontes: IBGE (2010); PERFIL DA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA (2014).

A união dos municípios que formam a RML tem por intuito estreitar suas relações, integrando suas economias e suas sociedades. Uma grande vantagem para as cidades participantes da RML é a arrecadação de crédito junto ao governo para a realização de projetos intermunicipais (PERFIL DA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA, 2014).

Em 2010, os municípios de Londrina, Alvorada do Sul, Assaí, Bela Vista do Paraíso, Cambé, Florestópolis, Ibiporã, Jaguapitã, Jataizinho, Pitangueiras, Porecatu, Primeiro de Maio, Rolândia, Sabáudia, Sertanópolis e Tamarana, somavam pouco mais de 900 mil habitantes, de acordo com o Censo Demográfico do IBGE 2010. A união destas cidades na RML permite a busca por integrações em seus cotidianos permeando entre as esferas sociais e econômicas.

As cidades menores e mais próximas espacialmente, pertencentes a RML, tem a opção de realizarem ações conjuntas como a construção de aterros sanitários em consórcios, assim, otimizando o uso dos recursos públicos repassados a estas (ITCG, 2013).

5.2 COLETA DE DADOS

- **Recursos hídricos superficiais**

Com do auxílio do mapa temático de hidrografia do estado do Paraná, fornecido pelo ITCG, foi possível verificar a localização dos corpos hídricos superficiais pertencentes a RML.

Porém, este mapa temático consultado, devido a sua escala (1:1.000.000) não mostrava de forma detalhada, muitas vezes ausente, a hidrografia da RML, trazendo a necessidade de se utilizar Modelos Digitais de Elevação (MDE), fornecidos pelo projeto Topodata, realizado em grande parte pelo INPE, em resoluções de 30 metros.

O critério estabelecido para a análise do distanciamento das áreas de disposição final de RSU da RML a corpos hídricos superficiais, foi de 200 metros, de acordo com o estabelecido pela ABNT NBR 13.869:1997, dado que pode ser verificado por meio da Tabela 3.

- **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)**

Através do SIAGAS, pode-se obter as informações sobre os poços de abastecimento pertencentes a RML, as informações pontuais levantadas sobre estes estão descritas a seguir:

- 1) Nome do poço;
- 2) Coordenadas UTM (Norte/Sul – Leste/Oeste);
- 3) Latitude (GGMMSS);
- 4) Testes de Bombeamento – Nível Estático (m) e Nível Dinâmico.

Estes dados foram inseridos no *software Microsoft Excel*, com o intuito de organizar as informações adquiridas, posteriormente estes dados foram georreferenciados em mapa com o auxílio da ferramenta SIG.

Para realizar a análise do distanciamento das áreas de disposição final de RSU da RML a poços de abastecimento, fez-se o uso, da ABNT NBR 13.869:1997, onde determina que os poços de abastecimento devem estar a 200 metros de distância dos locais de destinação de RSU, dado pontuado pela Tabela 3.

- **Dados espaciais de localização das áreas de disposição final de RSU**

Os dados referentes as localizações das áreas de disposição final de RSU foram obtidas segundo Melo, Barros e Fernandes (2015). Também realizada com o auxílio da ferramenta *Google Earth*.

- **Notas IQR**

Os dados referentes as notas do IQR foram obtidas através de uma consulta ao trabalho de Melo, Barros e Fernandes (2015).

5.3 UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA SIG

Para a construção dos mapas das áreas de disposição de RSU, bem como o cálculo das distâncias de mananciais superficiais e de poços de abastecimento, a presente pesquisa utilizou o *software ArcGIS ArcView GIS 10.3 (Environmental Systems Research Institute, Inc.) – ArcGIS Desktop 10.3 Free Trial* – avaliação espacial da informação e gerenciamento do sistema de informação geográfica.

O *software ArcGIS* auxiliou a gerar, utilizar e integrar as informações georreferenciadas. Estas, por sua vez, foram representadas em forma de mapa de referência, onde foi demonstrado a divisão político-administrativo da RML e mapas temáticos evidenciando o conjunto de dados referentes a RML englobando a sua geomorfologia, hidrografia, bacias principais, clima e tipos de solo.

Foram também produzidos mapas de distância das áreas de disposição final de RSU a cursos hídricos e poços de abastecimento e mapa de risco de contaminação do aquífero, para isto, realizou-se uma fusão entre o IQR de cada área de disposição final de RSU e o índice GOD.

Nos tópicos seguintes, estão descritas as formas de construção dos mapas através do *software ArcGIS*:

- **Mapa de Referência e Mapas Temáticos**

O mapa de referência e os mapas temáticos foram obtidos por meio da página virtual do Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG), já georreferenciados, estas representadas no sistema de projeção UTM (*Universal Transversa de Mercator*) – Fuso 22 Sul, todos estes na extensão *Shapefile*.

Para possibilitar o recorte somente da área de interesse (RML), fez-se o uso da ferramenta de recorte dos arquivos *Shapefile* do *software ArcGIS*, chamada no programa de *Clip*. Este procedimento foi realizado primeiramente para o mapa de referência, desta forma, selecionaram-se os municípios de interesse e posteriormente foram recortados e para os mapas temáticos foi utilizado como base o mapa da divisão da RML.

- **Mapa da Hidrografia detalhada**

O mapa da hidrografia fornecido pelo ITCG demonstrava somente os corpos hídricos de maior extensão e volume, porém, o presente trabalho necessitava da localização de todos os mananciais superficiais da área em questão.

Para ser possível a construção de um mapa de hidrografia mais detalhado daquele fornecido pelo ITCG, fez-se necessário o uso do Modelo Digital de Elevação (MDE) de altitude, fornecido pelo projeto Topodata. Projeto este realizado grande parte pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Os modelos são oferecidos pelo Topodata em extensão *TIFF* (arquivo *Raster* para imagens digitais), desta forma, com o auxílio destes foi possível desenhar a hidrografia pertencente a RML detalhadamente. De início, houve a necessidade de recortar estas imagens, a fim de, utilizar somente os detalhes da RML, para isto, mais uma vez, fez-se o uso da ferramenta *Clip* do *software ArcGIS* para imagens *Raster*.

Com o auxílio do *software ArcCatalog* (extensão do *software ArcGIS*), realizou-se a criação de um arquivo do tipo *Shapefile* de polilinhas, sendo anexado a

base dos mapas em construção no *software ArcGIS*. Com a ferramenta de edição do *software ArcGIS*, pode ser construída a hidrografia detalhada, baseando-se nos cursos d'água mostrados pelas imagens do Topodata.

- **Mapas de delimitação das áreas de disposição final de RSU**

Para delimitar as áreas de disposição final de RSU, fez-se necessária a criação de um arquivo *Shapefile* de polígonos, com o auxílio do *software ArcCatalog*, este foi anexado nos mapas em construção no *software ArcGIS*. Utilizando-se da ferramenta de edição deste programa e com o auxílio do banco de dados (MELO; BARROS; FERNANDES, 2015) e de imagens de alta resolução fornecidas pela ferramenta *Google Earth*, foi possível assim, gerar a delimitação das áreas de despejo de RSU da RML.

- **Buffers de pontos de drenagens próximos, poços de abastecimento e área de influência das áreas de disposição de RSU**

Para definir os pontos mais próximos de cursos d'água aos locais de disposição final de RSU, criou-se um arquivo *Shapefile* pelo *software ArcCatalog* de pontos, inserindo-o nos mapas em construção no *software ArcGIS*. Assim então, foi feita a edição deste novo arquivo, inserindo pontos na extensão dos corpos hídricos que mais se aproximavam das áreas de disposição final de RSU.

Em seguida, fez-se uso da ferramenta *Buffer*, método, o qual, cria polígonos, no caso marcações circulares, ao entorno de pontos, linhas ou polígonos, do *ArcGIS*. O raio utilizado para o *Buffer* foi de 200 metros, construídos ao entorno dos pontos de drenagens mais próximos e dos poços de abastecimento, a fim de verificar se a alocação das áreas de disposição final de RSU da RML, estão em conformidade com o estabelecido pela ABNT NBR 13.869:1997.

Sequencialmente, foi construído um *Buffer* ao entorno das áreas de disposição final de RSU da RML, com o raio de 1000 metros. Este valor foi definido como área de influência dos aterros, pois, segundo Cavalcanti, et al (2014), após 1000 metros, o risco de contaminação do meio pela atividade de disposição de resíduos é praticamente nula.

- **Mapa de risco de contaminação de aquíferos – IQR e índice GOD**

O mapa de risco de contaminação de aquíferos construído foi aplicado ao SASG, pois, os poços de abastecimento da RML, quase que em sua totalidade, exploram esta unidade aquífera.

Para a construção do mapa de risco de contaminação do SASG, fez-se necessário, primeiramente, o uso de uma metodologia para determinar a vulnerabilidade dos mesmos, denominada GOD.

Desenvolvida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) a metodologia GOD (*Groundwater occurrence, Overall lithology of unsaturated zone, Depth of the water table*), utiliza requisitos mínimos para determinar o índice de vulnerabilidade de aquíferos (GUIGUER; KOHNKE, 2002). Sendo um método comumente utilizado em países em desenvolvimento, pois, os dados utilizados para a construção do índice são facilmente encontrados.

Guiguer e Kohnke (2002) pontuam algumas informações que o índice GOD leva em consideração:

- 1) Ocorrência de lençol freático (livre ou confinado);
- 2) Tipo de solo predominante no local;
- 3) Nível do lençol freático.

Porém, para a realização do presente trabalho, foram feitas algumas adaptações no proposto por Guiguer e Kohnke (2002), levando em consideração a nota fornecida pelo IQR para a construção do mapa de risco de contaminação do SASG. Criando assim, o índice de Risco de Contaminação de Aquíferos por Aterros (RIQA).

Ainda de acordo com Guiguer e Kohnke (2002), para cada uma dessas informações são atribuídos índices, de acordo com seu potencial de vulnerabilidade a contaminação, a escala de notas variam de 0 a 1, sendo atribuído 0 ao aquífero menos vulnerável a contaminação e 1 ao mais vulnerável. Dessa maneira, para determinar a vulnerabilidade do aquífero os índices são multiplicados recebendo uma classificação final, variando de extrema (locais com aquíferos livres, solo predominantemente arenoso, lençol freático pouco profundo e IQR baixo) a baixa vulnerabilidade (aquíferos confinados, solo predominantemente argiloso e IQR alto).

A Figura 10, demonstra como foram agregadas as notas para a construção do mapa de risco de contaminação (RIQA) do SASG por aterros:

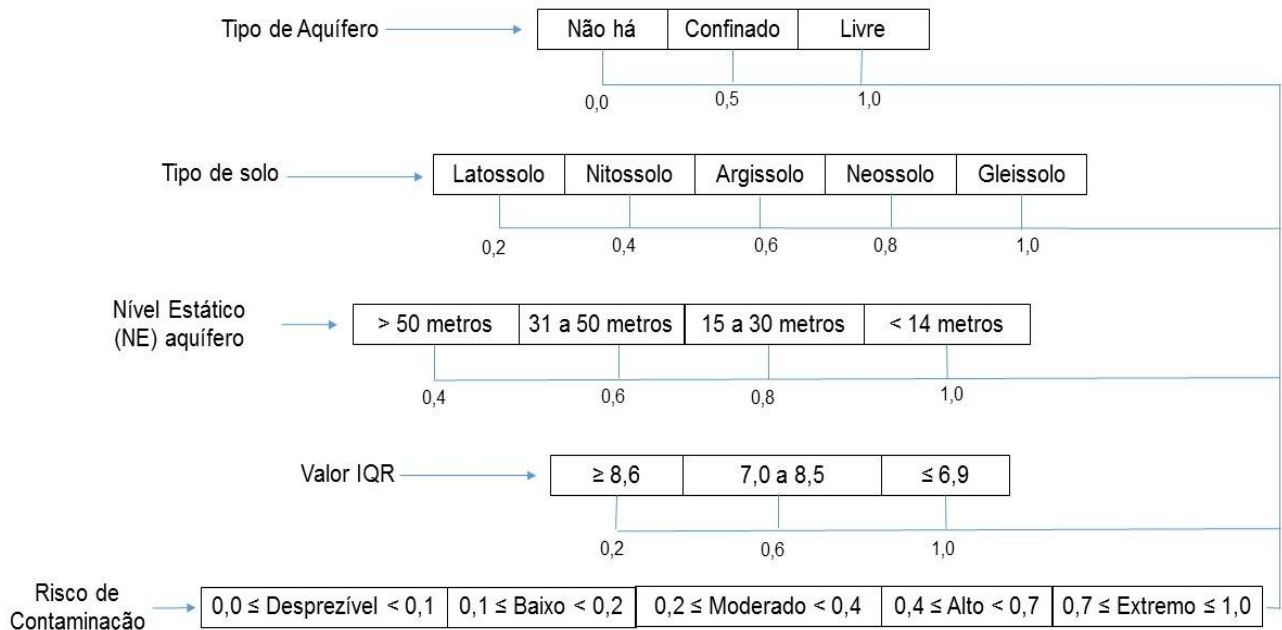


Figura 11 – Pesos aos parâmetros - produção do mapa de risco de contaminação (RIQA) do SASG.

Fonte: Adaptado Guinguer, Kohnke (2002)

Porém, para determinar o nível estático do aquífero, presente nas áreas de disposição final de RSU, fez-se necessário a construção de um mapa de interpolação, em que foi transformado um arquivo de pontos em formato *Shapefile* em outro arquivo no formato *Raster*. O interpolador utilizado foi o IDW, ferramenta disponível no *Software ArcGIS*.

Este interpolador IDW, é uma ferramenta estatística, onde trabalha no modelo “Inverso das Distâncias”, para este método, quando mais próximo espacialmente um ponto estiver de outro, maiores serão suas relações, conseqüentemente, possuirão valores semelhantes. Com isso, o interpolador, confere maior peso entre os pontos amostrados mais próximos, em comparação os mais distantes do local em questão, assim, realizando média ponderada dos pesos das amostradas pelo inverso de suas distâncias, sempre se relacionando ao ponto a ser interpolado (VARELLA; JUNIOR, 2008).

A Equação 1, demonstra a fórmula utilizada pelo interpolador IDW, segundo Varella, Junior (2008):

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p} Z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad (1)$$

Onde,

z = valores estimados;

n = número de amostras;

z_i = valores conhecidos;

d_i = distâncias entre os valores conhecidos e estimados (z_i e z);

p = expoente de ponderação.

A “p”, podem ser atribuídos diversos valores, assim, quanto maior for este valor, o vizinho mais próximo (definido pela distância), terá maior influência na estimativa de valores (VARELLA; JUNIOR, 2008). Para construção do mapa de interpolação, a fim de possibilitar a descoberta do nível freático nos locais de disposição final de RSU na RML, utilizou-se p = 2.

O interpolador IDW é comumente utilizado em geoprocessamento na transformação de dados pontuais em *Raster*, permitindo a geração de superfícies, ajustando-se facilmente a pontos espeçados de forma regular (VARELLA; JUNIOR, 2008).

Para a construção das notas que foram utilizadas na criação do RIQA, foi criada uma matriz com o auxílio do *software Excel*, como mostra a Tabela 6. Então, os dados finais foram georreferenciados e inseridos no *software ArcGIS*.

Tabela 6 – Matriz para atribuição de pesos – Determinação da suscetibilidade do SASG a contaminação.

Municípios RML	Tipo de Aquífero	Tipo de Solo	Nível do Lençol Freático	Valor IQR	Índice GOD (Vulnerabilidade)
----------------	------------------	--------------	--------------------------	-----------	------------------------------

Fonte: Autoria própria.

Os dados referentes ao tipo de solo de cada área de disposição final de RSU dos referentes municípios pertencentes a RML, foram obtidos através do mapa temático do tipo de solo, proposto pelo ITCG. O tipo do aquífero foi classificado como livre, devido ao fato de o mapa de risco se referir ao SASG, um sistema aquífero fraturado (ATLAS BRASIL, 2010).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE DESTINAÇÃO FINAL DE RSU DA RML SEGUNDO O IQR

A Tabela 7, demonstra as notas recebidas do IQR para cada área de disposição final de RSU da RML e as classifica de acordo com a pontuação recebida:

Tabela 7 – Classificação das áreas de destino final de RSU da RML de acordo com a nota do IQR.

Municípios RML	Nota IQR	Classificação da área de destino final de RSU
Alvorada do Sul	1,8	INADEQUADA
Assaí	8,6	ADEQUADA
Bela Vista do Paraíso	1,2	INADEQUADA
Cambé	7	INADEQUADA
Florestópolis	2,2	INADEQUADA
Ibiporã	8,3	ADEQUADA
Jaguapitã	3,8	INADEQUADA
Jataizinho	2	INADEQUADA
Londrina	9,3	ADEQUADA
Pintangueiras	1,6	INADEQUADA
Porecatu	1,2	INADEQUADA
Primeiro de Maio	1,4	INADEQUADA
Rolândia	7,3	ADEQUADA
Sabáudia	4,5	INADEQUADA
Sertanópolis	4,7	INADEQUADA
Tamarana	0,6	INADEQUADA

Fonte: Melo, Barros, Fernandes (2015).

Assim de acordo com a Tabela 7, os municípios que receberam a classificação de sua área de disposição final de RSU como inadequada, é caracterizado como lixão, já as cidades as quais receberam classificação adequada, tem como destino final para seus RSU os aterros sanitários (MELO; BARROS; FERNANDES, 2015).

A classificação das áreas de destinação final de RSU da RML, podem ser também averiguadas com a observação da Figura 11:

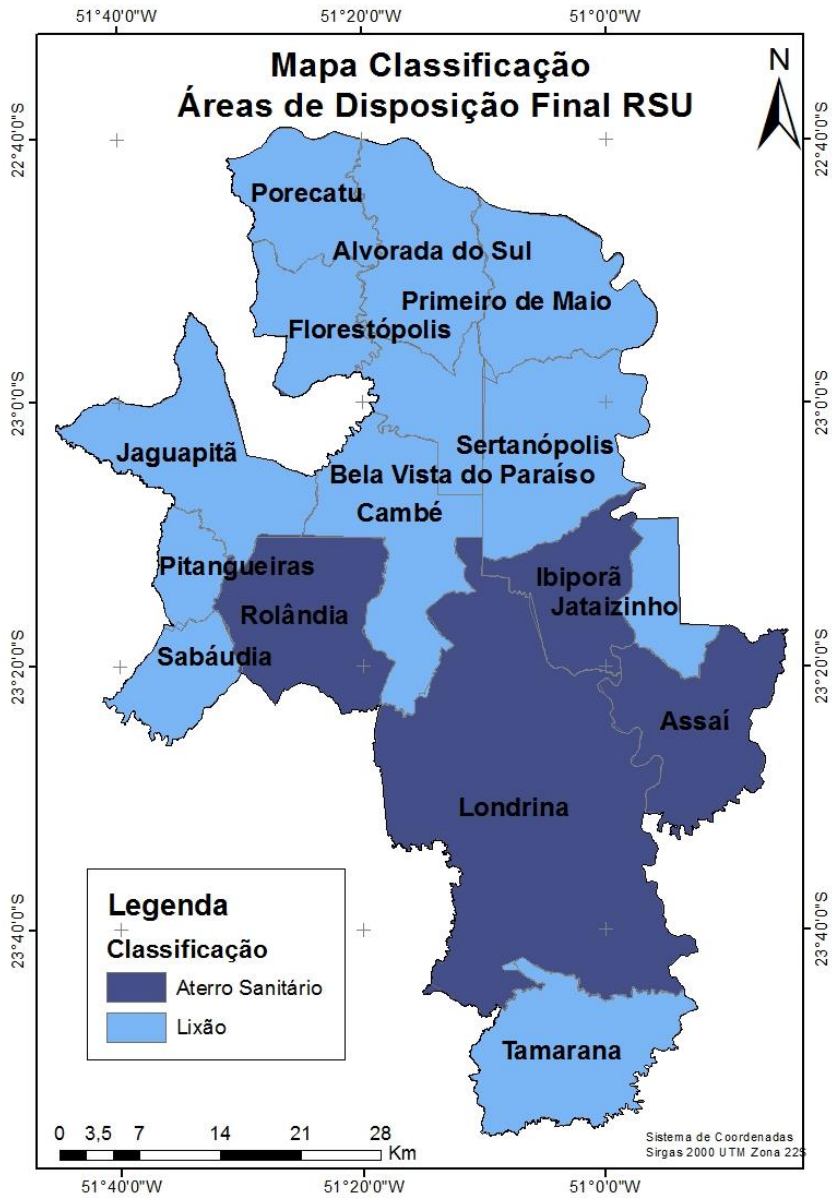


Figura 12 – Mapa de Classificação das Áreas de Disposição Final de RSU da RML.

Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

Portanto, segundo Melo, Barros, Fernandes (2015) e com visualização da Figura 11, apenas 4 municípios da RML possuem como destino final para seus RSU o aterro sanitário, classificado de acordo com a nota do IQR.

6.2 MAPAS DE DISTÂNCIAS DOS LOCAIS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU A CORPOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

Primeiramente para ser possível o mapeamento dos corpos hídricos superficiais próximos das áreas de disposição final de RSU dos municípios pertencentes a RML, fez-se necessário a utilização de um mapa com um arquivo tipo *Raster*, chamado de MDE de altitude (Figura 12), como destacado anteriormente, para que a partir daí fosse possível identificar e desenhar os corpos hídricos menores, não mapeados pelo ITCG.

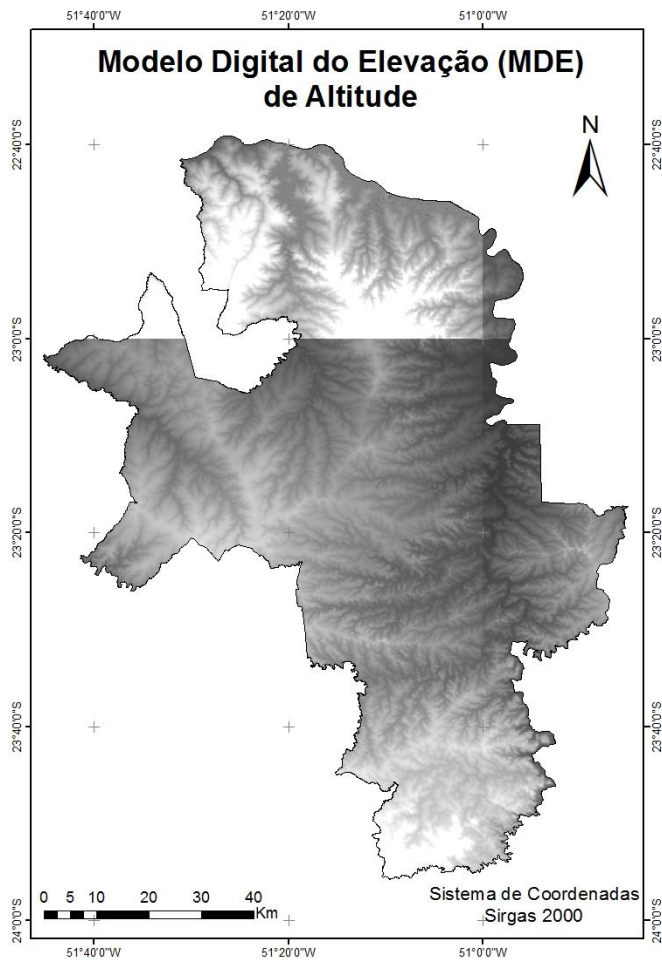


Figura 13 – Mapa Modelo Digital de Elevação do terreno.
Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

A imagem *Raster* possibilitou que os corpos hídricos menores fossem detalhados em mapa, o resultado final está demonstrado na Figura 13:

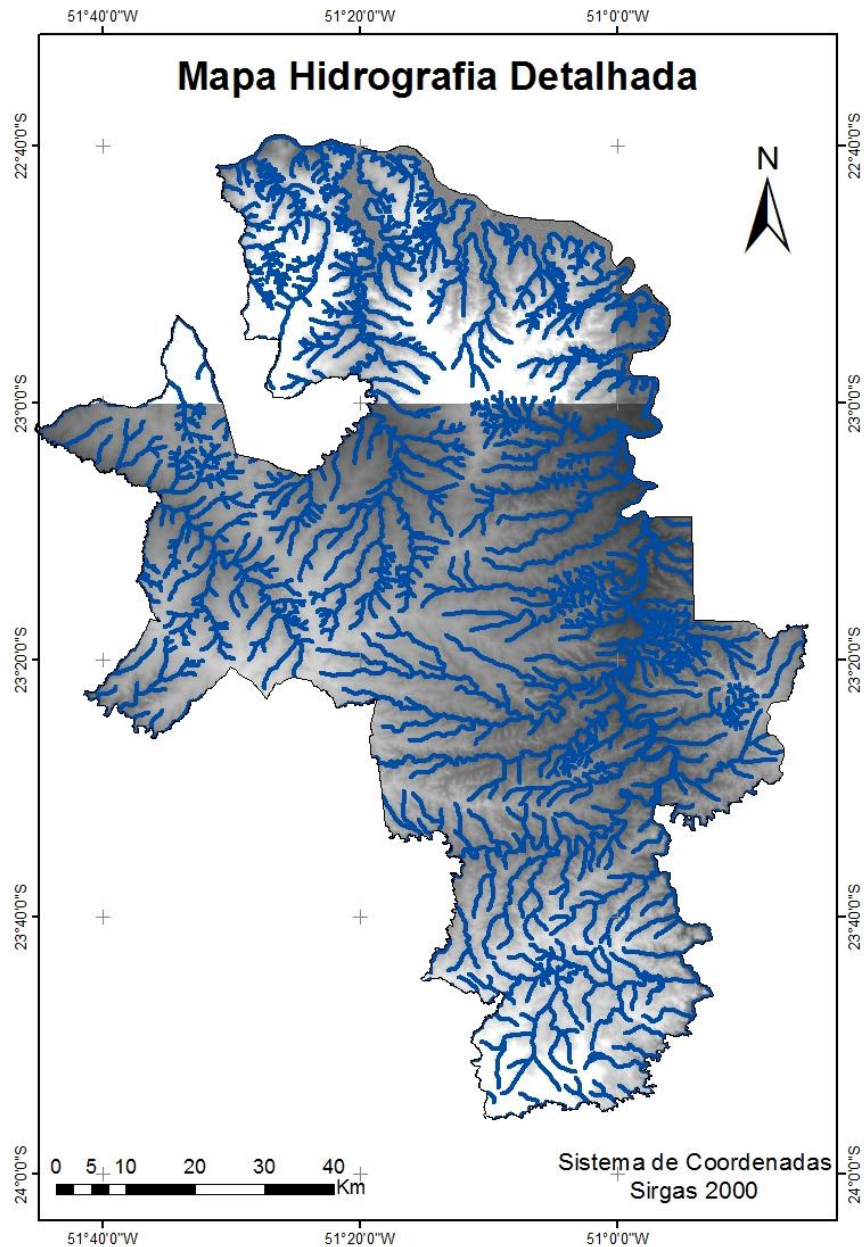


Figura 14 – Mapa hidrografia detalhada.

Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

O resultado do mapeamento em função da distância entre as áreas de disposição final de RSU e os corpos hídricos superficiais, disponíveis nos anexos, revelou resultados preocupantes, pois, a maior parte desses locais de despejo de RSU

da RML é caracterizado como lixão por Melo, Barros e Fernandes (2015) feita por meio das notas dadas pelo IQR. Sendo assim, mesmo não havendo mananciais a menos de 200 metros daqueles, a chance de contaminação é aumentada, devido ao fato da ineficiência desses sistemas.

Após a realização do mapeamento das distâncias entre as áreas de disposição final de RSU e corpos hídricos superficiais, pode-se perceber que 31,25% dos municípios situados na RML possuem corpos hídricos a menos de 200 metros do seu aterro sanitário ou lixão pertencentes aos municípios em questão.

Pode ser encontrado nos outros 31,25% das cidades pertencentes a RML, os seus locais de disposição final de RSU muito próximo de vários corpos hídricos, mesmo se situando a mais de 200 metros de distância daqueles. Estas áreas com diversidade hídrica deveriam ser evitadas para a construção destes sistemas, a fim de garantir a manutenção dos recursos hídricos.

Os outros 37,5% dos municípios restantes, apresentaram uma boa localização das áreas de disposição final de RSU em relação ao distanciamento a corpos hídricos superficiais. Mas, mesmo assim apresentam deficiências estruturais e operacionais, caracterizando com áreas com grande potencial degradador.

Assaí (ANEXO C), Cambé (ANEXO E), Londrina (ANEXO J), Pitangueiras (ANEXO L), Tamarana (ANEXO R), mostraram que seus locais de disposição final de RSU estão instalados, literalmente sobre corpos hídricos superficiais, desta forma, levando a um grande risco de sua total degradação. Agravando ainda mais a situação, somente os municípios de Londrina e Assaí possuem suas áreas de disposição de RSU caracterizadas como aterro sanitário, para os demais, a configuração é de lixão, caracterizações feitas de acordo com Melo, Barros, Fernandes (2015).

A condição da área de disposição final de RSU de Tamarana, mostrou-se precária, não somente pelo fato de alocar seus resíduos em um lixão, segundo Melo, Barros e Fernandes (2015), mas, por designar um local para este fim firmado em cima de quatro cursos d'água.

Já em Londrina, apesar de apresentar a configuração de aterro sanitário (MELO; BARROS; FERNANDES, 2015) para dispor seus RSU, este foi instalado sob um manancial superficial extenso, estando em desconformidade com a ABNT NBR 13.869:1997.

Os municípios de Porecatu (ANEXO M), Jataizinho (ANEXO I), Ibiporã (ANEXO G) e Alvorado do Sul (ANEXO B), ao serem mapeados seus locais de disposição final de RSU, pode-se verificar a ocorrência de corpos hídricos muito próximos a estes pontos de descarte de RSU, uns a pouco mais de 200 metros dessas áreas. E dentre estas cidades somente Ibiporã destina adequadamente seus RSU, em aterros sanitários (MELO; BARROS; FERNANDES, 2015).

Já para Sertanópolis (ANEXO Q), Sabaúdia (ANEXO P), Rolândia (ANEXO O), Primeiro de Maio (ANEXO N), Jaguapitã (ANEXO H) e Florestópolis (ANEXO F), mostraram uma configuração mais adequada, segundo o parâmetro distância a corpos hídricos superficiais. Porém, somente a área de disposição final de RSU de Rolândia é chamada de aterro sanitário (MELO; BARROS; FERNANDES, 2015).

Abaixo (Tabela 8), é demonstrado um resumo geral da situação de risco de contaminação dos corpos hídricos superficiais pela atividade de disposição de RSU para cada município pertencente a RML, considerando o distanciamento de 200 metros estabelecido pela ABNT NBR 13.869:1997:

Tabela 8 – Resumo geral da situação de risco de contaminação de mananciais superficiais – parâmetro de 200 metros de distância.

Municípios RML	Possui mananciais superficiais a menos de 200 metros de aterros?	
	SIM	NÃO
Alvorada do Sul		X
Assaí	X	
Bela Vista do Paraíso		X
Cambé	X	
Florestópolis		X
Ibiporã		X
Jaguapitã		X
Jataizinho		X
Londrina	X	
Pintangueiras	X	
Porecatu		X
Primeiro de Maio		X
Rolândia		X
Sabaúdia		X
Sertanópolis		X
Tamarana	X	

Fonte: Autoria própria.

A partir da Tabela 8, pode ser verificado que apenas 5 municípios pertencentes a RML, estão em desconformidade com o previsto na ABNT NBR 13.869:1997, sendo suas áreas de disposição final de RSU instalados sob mananciais superficiais.

Ainda, faz-se necessário observar, que em todos os municípios pertencentes a RML, houve a presença de corpos hídricos superficiais na área de influência de 1000 metros, traçada ao entorno de suas áreas de disposição final de RSU. Segundo, Cavalcanti, et al (2014), somente em locais mais distantes que 1000 metros do local do aterro, não haverá mais risco de contaminação, assim, explicitando a necessidade de não apenas averiguar as áreas 200 metros distantes destes locais, mas sim, realizar uma busca sistemática por mananciais superficiais, a fim de, garantir as suas características ambientais desejáveis.

6.3 MAPAS DE DISTÂNCIA DOS LOCAIS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU A POÇOS DE ABASTECIMENTO

Para a RML foram mapeados 666 poços de abastecimento (Figura 14) com o auxílio do SIAGAS, com ampla maioria perfurados no SASG. O município com maior intensidade de utilização das águas subterrâneas para o abastecimento foi Londrina.

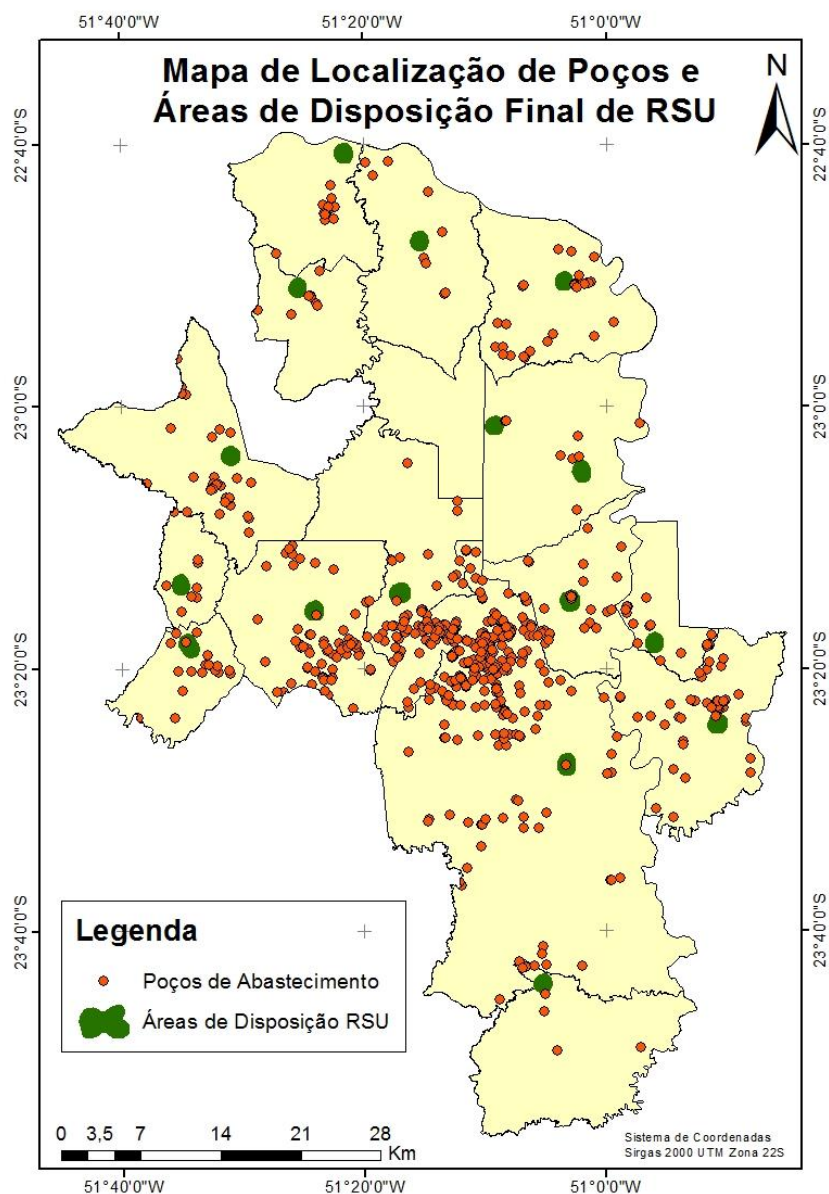


Figura 15 – Localização espacial poços de abastecimento e áreas de disposição final de RSU de RML.

Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

Nota-se para o município de Tamarana (Figura 15), que os poços de abastecimento que se apresentam mais próximos a sua área de descarte final de RSU estão em convergência com o determinado pela ABNT NBR 13.869:1997, localizando-se a mais de 200 metros do local. Ainda, para a cidade de Tamarana, não foi encontrado poços de abastecimento na área de influência da área de destinação final de resíduos.

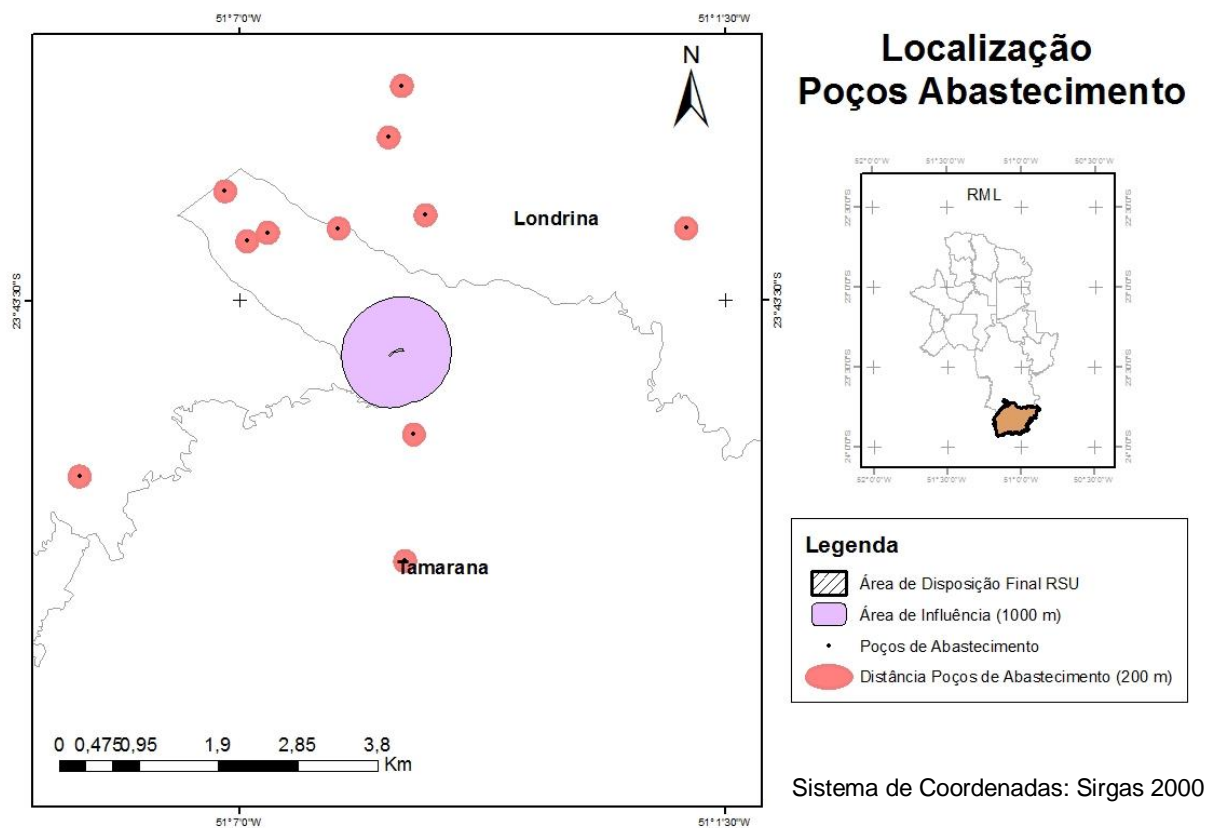


Figura 16 – Localização poços de abastecimento município de Tamarana.
Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

A partir da análise da Figura 16, percebe-se que foram não encontrados poços de abastecimento, pertencentes aos municípios de Jataizinho e Assaí, no raio de 200 metros, a partir do local de disposição final de RSU, garantindo o cumprimento a norma (ABNT NBR 13.869:1997).

Um poço de abastecimento do município de Assaí, foi encontrado no raio de influência do local de disposição de RSU da cidade, onde para Cavalcanti, et al (2014), pode ser uma área de possíveis riscos a contaminação (Figura 16).

Com relação ao município de Ibiporã, observa-se um poço localizado espacialmente dentro da área de disposição final de RSU, infringindo o estabelecido pela ABNT NBR 13.869:1997, onde determina o distanciamento de 200 metros de aterros de resíduos a poços de abastecimento (Figura 16).

Ainda com relação ao município de Ibiporã, percebe-se dois poços situados na área de influência do local de disposição de RSU da cidade, encontrados a menos de 1000 metros destes locais (Figura 16).

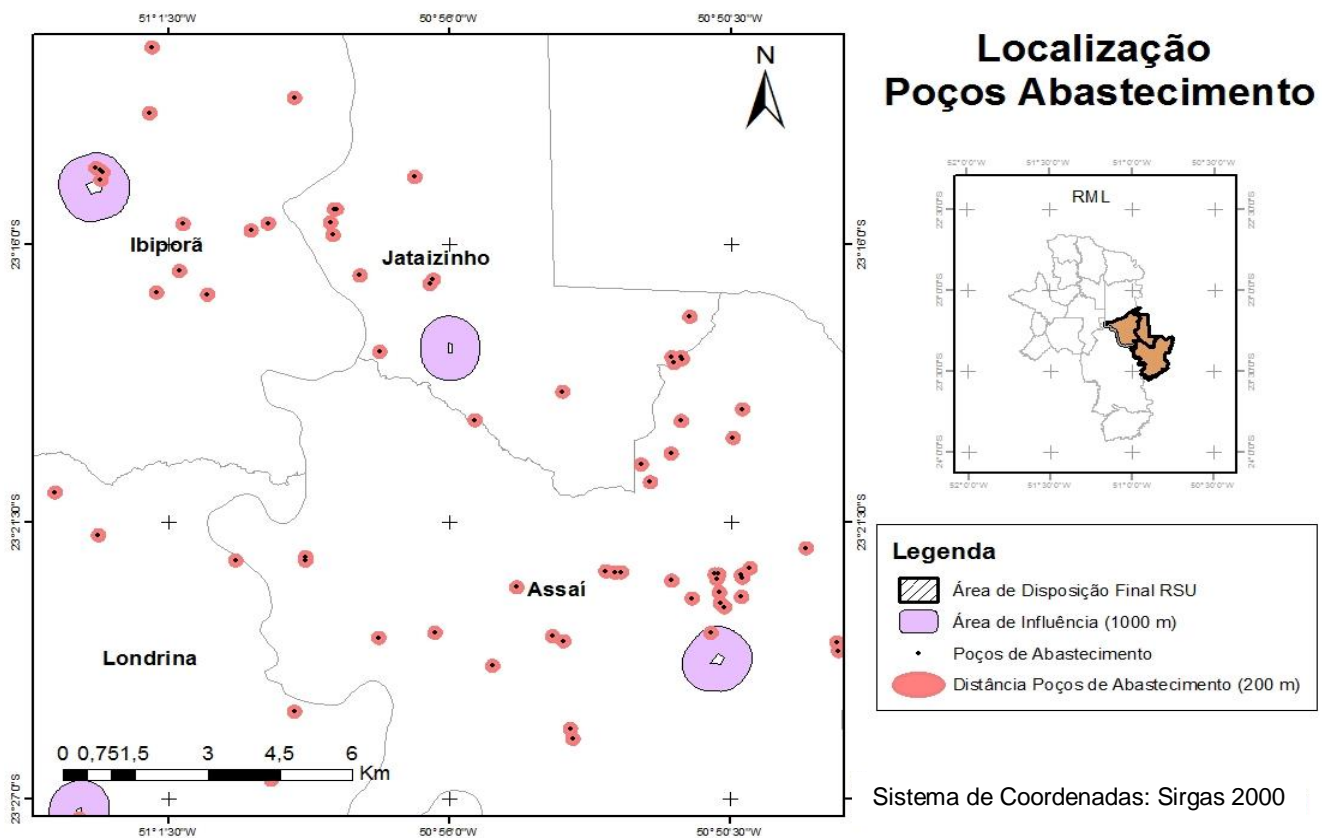


Figura 17 – Localização poços de abastecimento municípios de Ibiporã, Jataizinho e Assaí.
Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

A cidade de Londrina, possui o local de disposição final de RSU mais adequado funcionalmente e operacionalmente da RML, levando em consideração o valor do IQR (MELO; BARROS; FERNANDES, 2015). Porém, ao ser analisada a Figura 17, pode-se observar a existência de um poço de abastecimento dentro da área do aterro sanitário da cidade, indo contra ao estabelecido pela ABNT NBR 13.869:1997.

Mostrando a falta de gestão dos recursos hídricos subterrâneos, o ponto de captação de água do aquífero dentro do aterro sanitário de Londrina, demonstra a falta de rigor fiscal a perfurações dos poços de abastecimento. Ainda, Londrina, como a região metropolitana, deveria ser exemplo para os demais municípios pertencentes a RML.

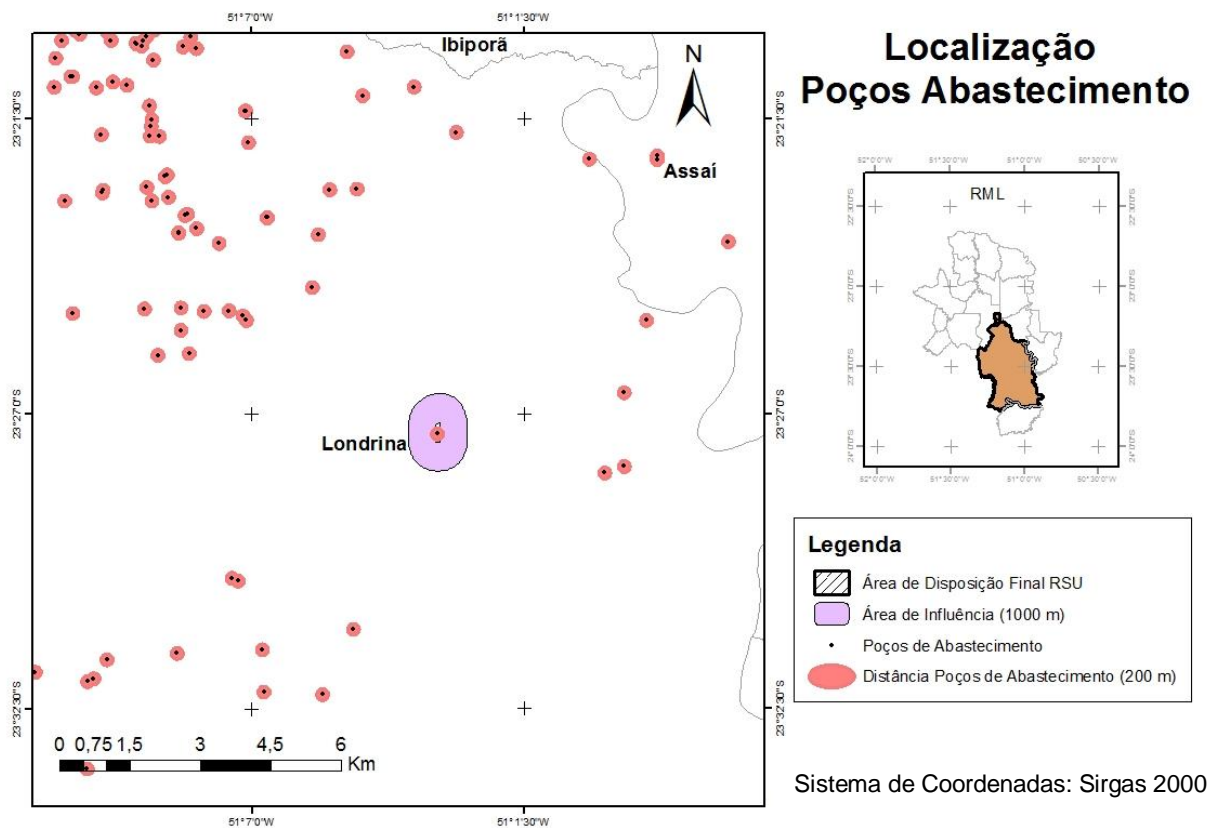


Figura 18 – Localização poços de abastecimento municípios de Londrina.
Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

A Figura 18, mostra os poços de abastecimento mais próximos aos locais de disposição de RSU das cidades de Jaguapitã, Pitangueiras, Sabaúdia e Rolândia. Pode ser averiguado que nos dois primeiros municípios mencionados, as localizações dos poços estão de acordo com a ABNT NBR 13.869:1997, distanciados a mais de 200 metros das áreas de disposição de RSU.

Um poço de abastecimento é localizado dentro da área de influência de 1000 metros ao entorno do aterro sanitário de Rolândia (Figura 18), local que pode haver riscos de contaminação, segundo Cavalcanti, et al (2014).

Na cidade de Sabáudia, foi identificado um poço de abastecimento dentro da área de destinação final de RSU, sendo assim, o município infringe a norma ABNT NBR 13.869:1997 (Figura 18).

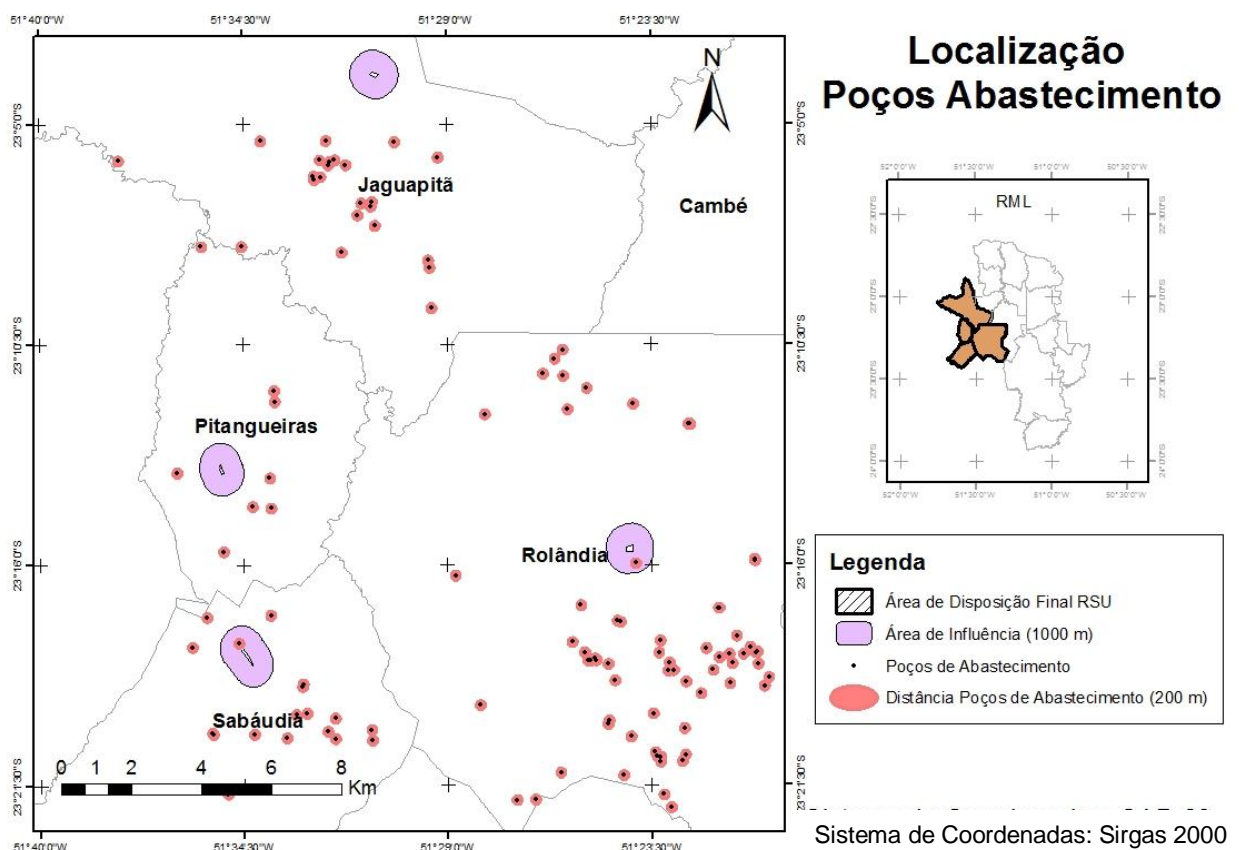


Figura 19 – Localização poços de abastecimento municípios de Jaguapitã, Pitangueiras, Rolândia e Sabáudia.

Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

Em concordância com a Figura 19, os municípios de Porecatu, Alvorada do Sul e Florestópolis não apresentam poços perfurados nas áreas em que dispõe seus RSU e nem em suas áreas de influência.

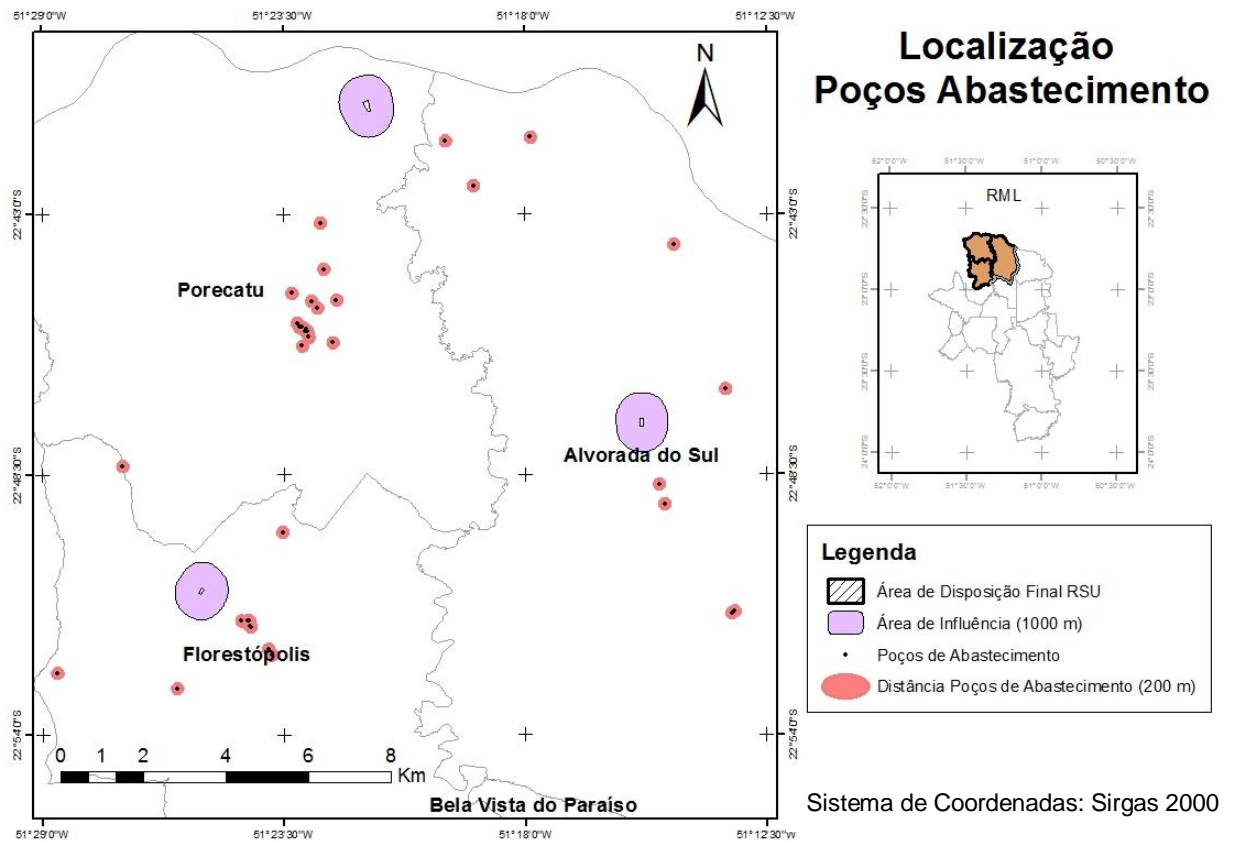


Figura 20 – Localização poços de abastecimento municípios de Alvorada do Sul, Porecatu e Florestópolis.

Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

Bem como para os municípios de Alvorada do Sul, Porecatu e Florestópolis, as cidades de Primeiro de Maio, Bela Vista do Paraíso e Sertanópolis, possuem seus poços de abastecimento perfurados de maneira a estar em concordância com a ABNT NBR 13.869:1997, como pode ser comprovado pela Figura 20.

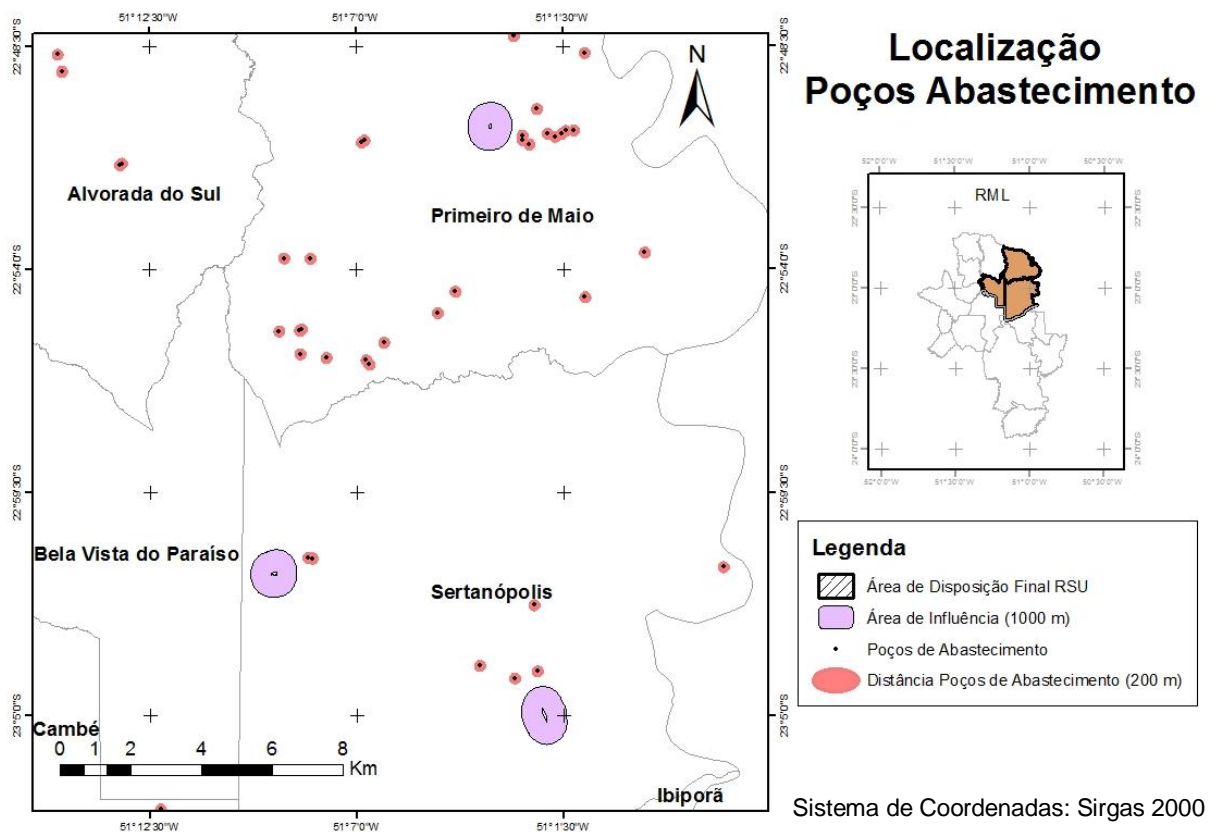


Figura 21 – Localização poços de abastecimento municípios de Alvorada do Sul, Porecatu e Florestópolis.

Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

O município de Cambé, bem como Rolândia, possui um poço perfurado na área de influência de seu local de disposição de RSU. Porém, para Cambé a suscetibilidade a contaminação das águas subterrâneas é maior, pois, a área é configurada como lixão (Figura 21).

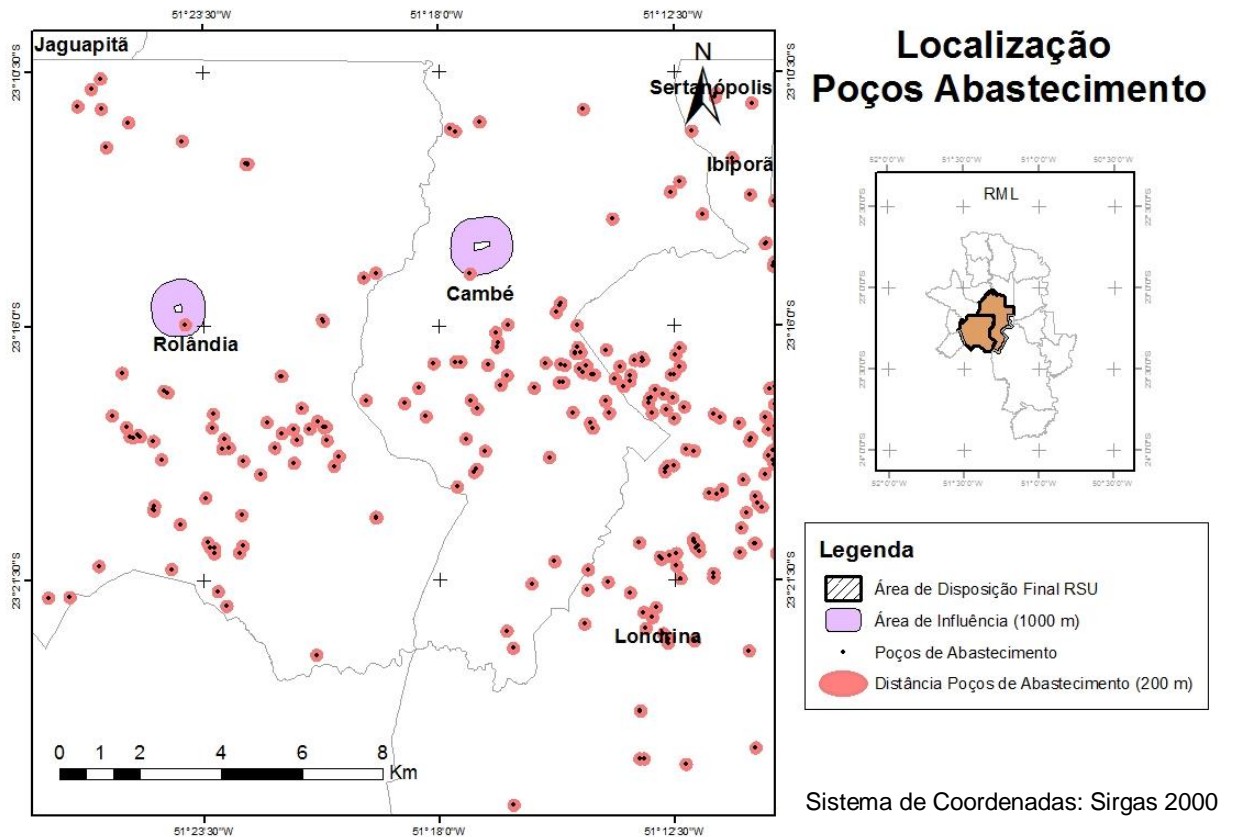


Figura 22 – Localização poços de abastecimento município de Cambé.
Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

Portanto, 62,5% dos municípios pertencentes a RML, obedecem o exigido pela ABNT NBR 13.869:1997, tendo seus poços de abastecimento alocados a mais de 200 metros das áreas de disposição final de RSU. Já 18,75% das cidades, possuem poços perfurados dentro da área de influência do aterro sanitário ou lixão e os 18,75% restantes, em divergência com a lei, possuem poços dentro dos locais de destino final de RSU.

6.4 MAPA DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO DO SASG

Para a construção do mapa de risco de contaminação do SASG, com a utilização do índice RIQA, fez-se necessário a união de alguns dados, estes estão pontuados a seguir:

- **Definição do tipo de aquífero**

Ao observar a Figura 22, pode-se perceber que a maioria dos poços de abastecimento perfurados na RML, pertencem ao SASG:

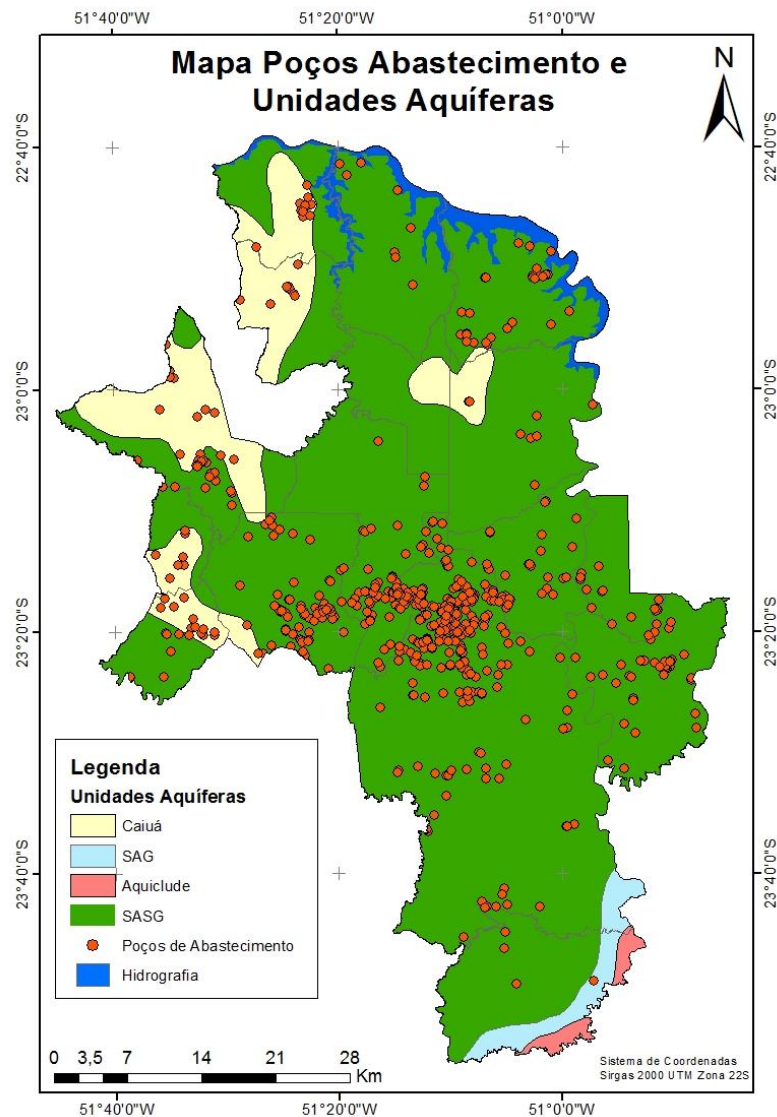


Figura 23 – Localização poços de abastecimento com relação as unidades aquíferas.

Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

Assim, de acordo com o Atlas Brasil (2010), o SASG é um domínio aquífero fraturado, portanto, sendo caracterizado como aquífero livre. Desta forma, em sua grande maioria, os poços de abastecimento da RML (Figura 22), são perfurados em um aquífero não-confinado.

- **Definição do tipo de solo**

A definição do tipo de solo de cada área de destinação final de RSU, foi realizado com o auxílio do mapa temático de solos da RML do ITCG (2014).

Como a localização espacial dos locais de disposição final de RSU eram conhecidas, fez-se o uso de uma ferramenta de identificação do *Software ArcGIS*, assim, foi possível verificar o tipo de solo dos locais em questão (Figura 23).

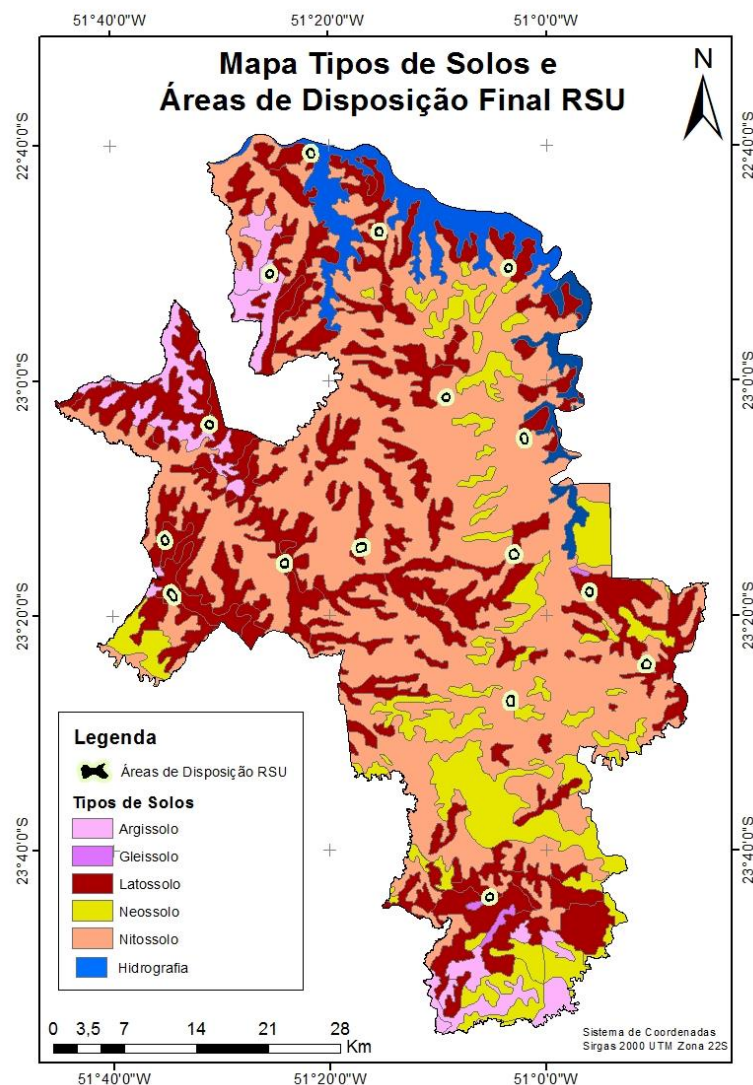


Figura 24 – Tipos de solos nas áreas de disposição final de RSU na RML.
Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

- **Definição do nível freático para os locais de disposição final de RSU**

Para a determinação do nível freático das áreas de disposição final de RSU da RML, fez-se necessário confeccionar um mapa de interpolação, por meio do interpolador IDW, dos dados com os pontos dos poços de abastecimento tendo como parâmetro a profundidade do nível estático, desta forma, possibilitou traçar a posição do nível freático no local de disposição final de RSU. Assim, obteve-se a Figura 24:

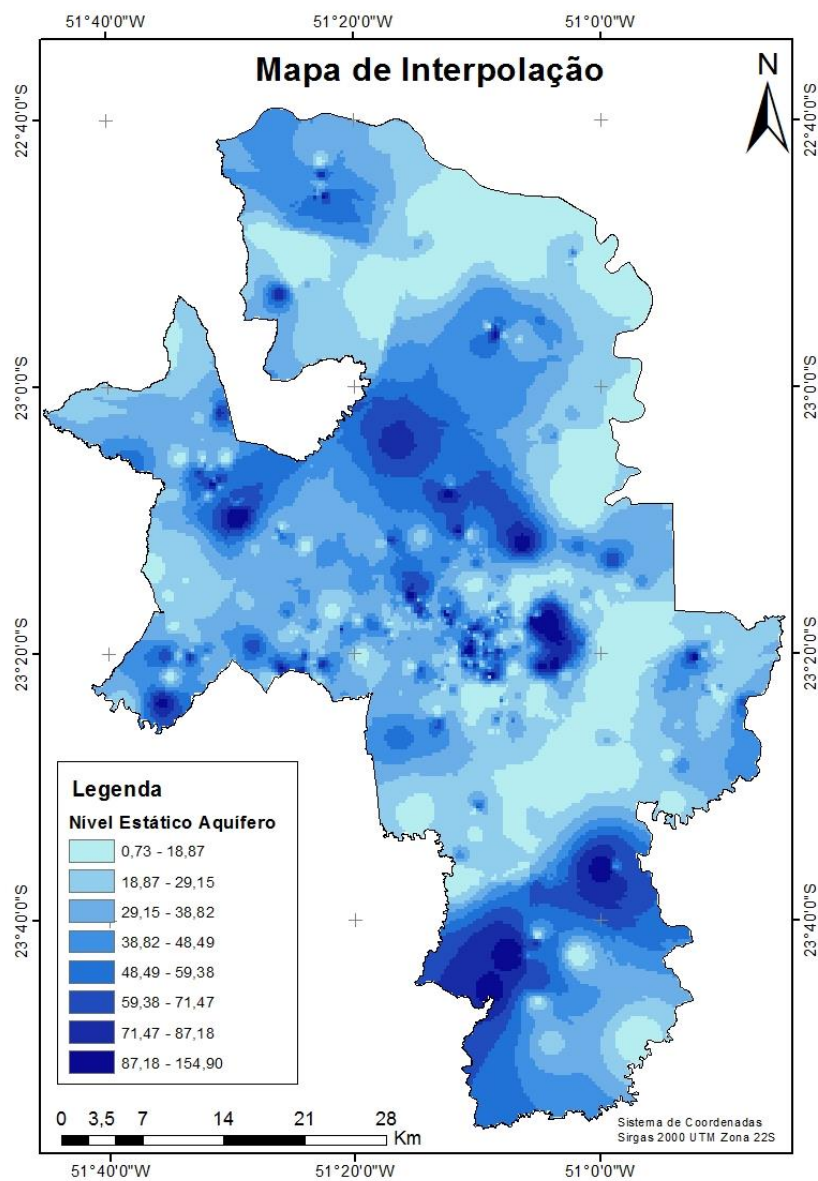


Figura 25 – Mpa de Interpolação dados nível estático do aquífero.
Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

Como a localização espacial dos locais de disposição final de RSU eram conhecidas, fez-se o uso de uma ferramenta de identificação do *Software ArcGIS*, assim, foi possível verificar o tipo de solo dos locais em questão.

- **Construção da matriz RIQA**

Então, com a aquisição dos dados descritos acima, pode-se construir a matriz (Tabela 9), obtida pela união dos índices GOD e das notas do IQR, formando a nova metodologia RIQA.

Tabela 9 – Matriz para atribuição de pesos – Determinação da suscetibilidade do SASG a contaminação.

Municípios RML	Tipo de Aquífero	Tipo de Solo	Nível do Lençol Freático (m)	Notas IQR
Alvorada do Sul	Livre	Nitossolo	17,3	1,8
Assaí	Livre	Nitossolo	21,6	8,6
Bela Vista do Paraíso	Livre	Nitossolo	42,1	1,2
Cambé	Livre	Latossolo	46	7
Florestópolis	Livre	Argissolo	12,2	2,2
Ibiporã	Livre	Nitossolo	19,6	8,3
Jaguapitã	Livre	Latossolo	35,8	3,8
Jataizinho	Livre	Latossolo	13,6	2
Londrina	Livre	Nitossolo	9,6	9,3
Pintangueiras	Livre	Latossolo	22	1,6
Porecatu	Livre	Latossolo	36,7	1,2
Primeiro de Maio	Livre	Nitossolo	22,4	1,4
Rolândia	Livre	Latossolo	40,6	7,3
Sabáudia	Livre	Latossolo	15,9	4,5
Sertanópolis	Livre	Nitossolo	14,1	4,7
Tamarana	Livre	Latossolo	64,6	0,6

Fonte: Autoria própria.

Construída a matriz exposta na Tabela 8, pode-se atribuir os pesos aos atributos nela descritos, de acordo com a Figura 10. Assim, obtendo a Tabela 10:

Tabela 10 – Matriz com os pesos atribuídos – Risco de contaminação do SASG.

Municípios RML	Tipo de Aquífero	Tipo de Solo	Nível do Lençol Freático	Valor IQR	Nota	Risco de Contaminação
Alvorada do Sul	1,0	0,4	0,8	1	0,32	Moderado
Assaí	1,0	0,4	0,8	0,2	0,064	Desprezível
Bela Vista do Paraíso	1,0	0,4	0,6	1	0,24	Moderado
Cambé	1,0	0,1	0,6	0,6	0,036	Desprezível
Florestópolis	1,0	0,6	1	1	0,6	Alto
Ibiporã	1,0	0,4	0,8	0,6	0,192	Baixo
Jaguapitã	1,0	0,1	0,6	1	0,06	Desprezível
Jataizinho	1,0	0,1	1	1	0,1	Baixa
Londrina	1,0	0,4	1	0,2	0,08	Desprezível
Pintangueiras	1,0	0,1	0,8	1	0,08	Desprezível
Porecatu	1,0	0,1	0,6	1	0,06	Desprezível
Primeiro de Maio	1,0	0,4	0,8	1	0,32	Moderado
Rolândia	1,0	0,1	0,6	0,6	0,036	Desprezível
Sabáudia	1,0	0,1	0,8	1	0,08	Desprezível
Sertanópolis	1,0	0,4	1	1	0,4	Alto
Tamarana	1,0	0,1	0,4	1	0,04	Desprezível

Fonte: Autoria própria.

- **Mapa de risco de contaminação do SASG**

Com os pesos obtidos pela matriz demonstrada na Tabela 10, foi possível construir o mapa do RIQA para o SASG, gerado através da união das características estruturais intrínsecas do SASG e das notas do IQR.

Na Figura 25, pode-se expor de forma simples a visualização, as notas atribuídas aos municípios com a utilização do índice RIQA, para a construção do mapa de risco de contaminação do SASG:

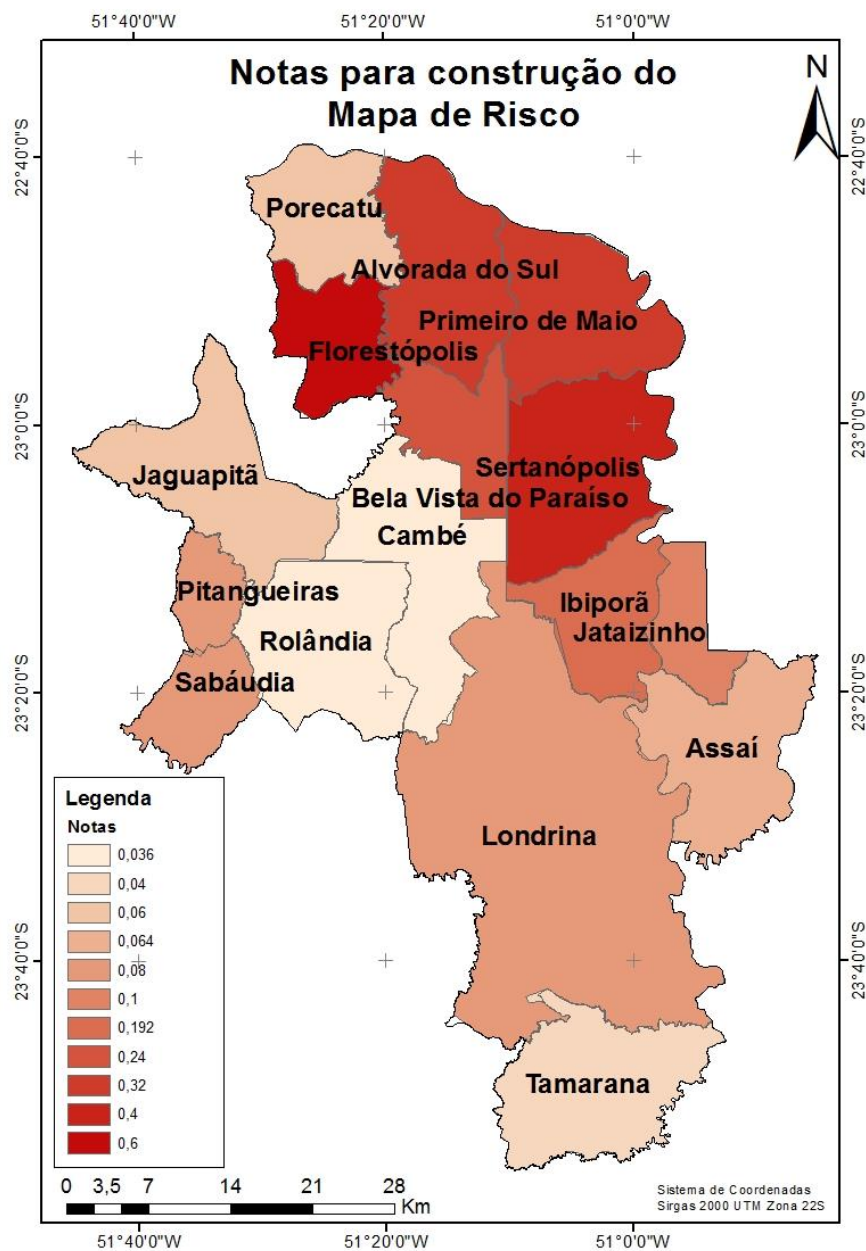


Figura 26 – Mapa com notas para construção de mapa de risco de contaminação do SASG.

Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

A Figura 26, revela como ficou a configuração do mapa de risco de contaminação do SASG, fazendo uso da nova metodologia proposta, o RIQA, para a RML:

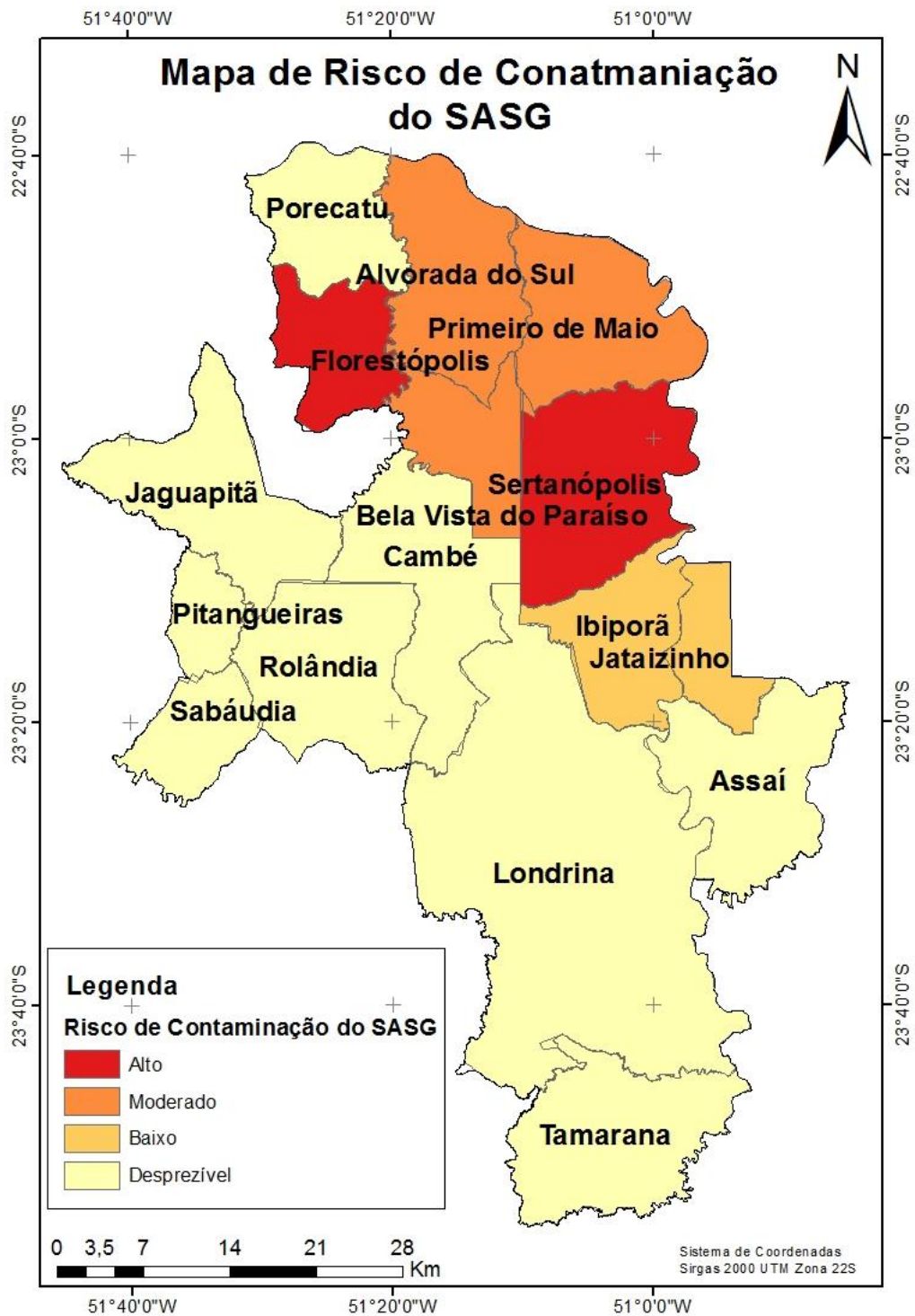


Figura 27 – Mapa de risco de contaminação do SASG.

Fonte: Adaptado Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2014).

Através dos parâmetros analisados, a partir da Figura 26, pode-se verificar que em 56,25% dos municípios pertencentes a RML, configuram um risco de contaminação do SASG desprezível e em 12,5% a ponderação se mostrou baixa.

O risco alto de contaminação do SASG foi verificado em dois municípios da RML, sendo estes Florestópolis e Sertanópolis. E outras três cidades apresentaram risco moderado, Alvorada do Sul, Bela Vista do Paraíso e Primeiro de Maio.

Os municípios que apresentaram riscos de contaminação de moderado a alto, possuem como forma de dispor seus RSU os lixões (MELO; BARROS; FERNANDES, 2015), comprovando mais uma vez o grande potencial poluidor deste tipo de sistema.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização do presente trabalho, pode-se verificar que as áreas de disposição final de RSU das cidades pertencentes a RML, estão promovendo condições, em muitos casos, de total risco ao meio ambiente, principalmente envolvendo a contaminação de corpos hídricos superficiais e águas subterrâneas.

A situação de risco ambiental proporcionada por estes locais de disposição final de RSU da RML ainda se agrava diante do fato de apenas uma minoria de municípios realizar o aporte de RSU em sistemas chamados de aterros sanitários, apenas 25% do total de 16 cidades. Configurando o cenário de não cumprimento ao estabelecido pela PNSRS (Lei 12.305/2010), onde previa a desativações dos lixões até o final do ano de 2014.

Os locais de disposição final de RSU dos municípios pertencentes a RML, além de grande parte serem configurados como lixões, muitos daqueles estão instalados próximo ou até mesmo em cima de corpos d'água superficiais, mais de 31% das cidades apresentaram esta irregularidade. Proporcionando um impacto imenso, não somente para o meio ambiente, mas sim para a população que faz uso destas águas.

Com relação a utilização dos recursos hídricos subterrâneos como forma de abastecimento para a população, em quase 19% das cidades, foram encontrados poços perfurados em menos de 200 metros distantes dos locais de disposição final de RSU. Configurando um cenário extremamente preocupante, pois, quando há utilização humana da água dos aquíferos, não há um tratamento tão rigoroso quanto o realizado nas estações de tratamento de água, sendo assim, a água consumida terá chances elevadas de estar contaminada.

Mesmo havendo a predominância do baixo risco de contaminação do SASG, revelado pelo estudo da na metodologia proposta, o RIQA, a construção de poços de abastecimento nas proximidades áreas de disposição de RSU é proibida por lei. Além do que, este resultado está associado mais à uma condição natural favorável da RML, principalmente ligado aos basaltos, garantindo certa proteção natural. Isso tudo ligado à condição hidráulica, fornecida pela conectividade hidráulica dos fraturamentos, que garante níveis profundos ao aquífero e além disso, solos profundos e com predominância de textura argiloso.

Estes fatos, demonstram o descaso dos gestores com a manutenção do meio ambiente, faltando políticas de incentivo a criação e manutenção de áreas que promovam o descarte correto de RSU. Juntamente com esta ação, deveriam ser estimuladas ações referentes a coleta seletiva, a fim de reduzir o volume de resíduos aterrados, garantindo uma vida útil maior aos aterros sanitários.

Ainda, mesmo que haja o incentivo dos governos a criação de aterros sanitários, há a necessidade de o alocar em locais os quais visem minimizar todos os impactos causados por esta atividade, cumprindo os requisitos mínimos exigidos pela ABNT NBR 13.869:1997. O não cumprimento a esta norma, referindo-se a recursos hídricos, implica na sua rápida degradação, tornando-os impróprios para a utilização humana.

Com o intuito de facilitar a escolha de áreas a serem designadas a construção de aterros sanitários, o uso de SIGs tem se mostrado um grande aliado nesta decisão, pois, facilitam o levantamento e a análise dados sobre o meio. Podendo ser realizada uma avaliação sistemática para dar diretrizes as escolhas destes locais.

A fim de auxiliar ainda mais na escolha adequada para a instalação de um aterro sanitário, pode ser realizada a utilização da nova metodologia proposta pelo trabalho, o RIQA, com isto, minimizando os riscos de contaminação do aquífero, garantindo sua qualidade para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS

ALIEVI, Alan A.; PINESE, José Paulo P.; CELLIGOI, André. Inventário das Áreas de Concentração de Poços Tubulares na Zona Urbana de Londrina - PR e Implicações Ambientais. ACTA Geográfica, Boa Vista, v.6, n.13, p.77-92, set./dez. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013**. São Paulo, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 8.419: Apresentação de projetos de aterros sanitários e resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 13.896: Aterros de resíduos não perigosos- Critérios para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário oficial da república Federativa do Brasil. Brasília, DF, 02 ago. 2010. Disponível em: <<http://www.aslaa.com.br/legislacoes/NBR%20n%2010004-2004.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2014.

BRASIL. Resolução Conjunta nº 01/2006 (SEMA/IAP/SUDERHSA), de 21 de agosto de 2006. **Legislação Estadual**. Curitiba, 2006.

CAPELINI, M. et al. Estudo de um índice de gestão de resíduos sólidos urbanos para o Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2009. Recife.

CARMELLO, Vinicius. **Vulnerabilidade Agrícola da Produção de Soja em Cinco Municípios da Região Metropolitana de Londrina – PR**. 2011. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Geografia – Universidade Estadual de Londrina - PR, Londrina, 2011.

CAVALCANTI, Marcio M.; et al. Levantamento geofísico (eletrorresistividade) nos limites do aterro controlado do Jokey Clube, vila estrutural, Brasília – DF. **Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 298-313, 2014.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Aterro Sanitário**. São Paulo, 18 ago. 1995. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/mudancasclimaticas/biogas/Aterro%20Sanit%C3%A1rio/21-Aterro%20Sanit%C3%A1rio>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

COSTA, Kelly de. V. **Classificação de áreas favoráveis à disposição de resíduos sólidos urbanos utilizando geoprocessamento**. 2001. 44 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

CYNTRA, Lydia. **Entenda a diferença entre Lixão e Aterro Sanitário**. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/ideias-verdes/qual-a-diferenca-entre-lixao-e-aterro-sanitario/>>. Acesso em: 08 jan. 2015.

DOURADO NETO, D. BHCC: Balanço hídrico e classificação climática (Köppen e Thornthwaite). Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1996. 20 p.

FRIGO, Jian; PAPANI, Fabiana G.; SCHENATTO, Kelyn; MERCANTE, Erivelto; Identificação de áreas aptas à implantação de aterro sanitário no município de Cascavel –PR. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, XVI, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais... INPE**, 2001. p. 4518-4525.

GREGÓRIO, Bernarda de S. et al. Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário no município de Barreiras, Bahia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. 2013. **Anais...** Feira de Santana: UEFS - Universidade Estadual de Feira de Santana, 2013.

GUINGUER, Nilson; KOHNKE, Michael W. Métodos para determinação da vulnerabilidade de aquíferos. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008. São Paulo. **Anais Eletrônicos...** Disponível em: <<file:///C:/Users/Mar%C3%ADlia/Downloads/22314-80539-1-PB.PDF>>. Acesso em: 8 de jun. 2015.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – IAP. **Relatório da disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos no Paraná**. Curitiba, 51 p., 2010. INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – IAPAR. Curitiba, 2015. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=2015>>. Acesso em: 10 de jun. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico de 2010**. Rio de Janeiro.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Diagnóstico de Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasília, 82 p., 2012.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS E COMPROMISSO EMPRESARIAL COM A RECICLAGEM - IPT e CEMPRE. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. 1ªed. São Paulo: **IPT/CEMPRE**, 1995. 278 p.

INSTITUTO DE TERRAS, GEOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS – ITCG. Aplicação Geo, 2014. Curitiba, 2014. Escalas Variam.

INSTITUTO DE TERRAS, GEOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS – ITCG. Dados e informações geoespaciais temáticos. Curitiba, 2014. Disponível em: <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/faq/category.php?categoryid=9>>. Acesso em: 18 mai. 2015.

INSTITUTO DE TERRAS, GEOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS – ITCG. Dados geoespaciais de referência. Curitiba, 2014. Disponível em: <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/faq/category.php?categoryid=8>>. Acesso em: 18 mai. 2015.

IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. ed. 2. São Paulo. IPT/CEMPRE, p. 370, 2000.

LARINI, Mariana M. **Avaliação do uso das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Londrina – PR e comparativo da utilização dos mananciais superficiais para o abastecimento público**. 2013. 129 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

LASTORIA, G. Hidrogeologia da formação Serra Geral no Estado do Mato Grosso do Sul. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

LIMA, Josias B. de; BRANCO, Paulo C. M. P. de. **SIAGAS – uma evolução em plataforma de softwares livres**. In: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 2010.

LIMA, Valmiqui C.; LIMA, Marcelo Ricardo de; MELO, Vander de F. Conhecendo os principais solos do Paraná: abordagem para professores do ensino fundamental e médio. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Núcleo Estadual do Paraná, 2012.

LISBOA, Natália S.; SANTOS, André H. B. A adequabilidade da seleção de áreas para a implantação de aterros sanitários: os casos do aterro sanitário sítio São João e da central de tratamento de resíduos leste, São Paulo. **Revista Geonorte**. São Paulo, v. 3, n. 4, p. 325-335, 2012.

MANOSSO, Daniele C. C. **A degradação das propriedades físicas dos Latossolos Vermelhos Distróficos em decorrência dos diferentes usos agrícolas em Florai – PR**. 2006. 120 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.
Mapa Índice. Topodata. Disponível em: <
<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 05 mai. 2015.

MAZZA, Jairo A. Solos pouco desenvolvidos. **ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “Luiz de Queiroz**, Piracicaba, 8 jul. 2006. Disponível em: <
http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/54718/mod_resource/content/1/Aula%207%20-%20Solos%20Pouco%20Desenvolvidos.PDF>. Acesso em: 10 jun. 2015.

MELO, Ângela Cristina A. de; BARROS, Mirian V. F.; FERNANDES, Fernando. Aterros e lixões na Região Metropolitana de Londrina-PR. **Universidade Estadual de Londrina**, Londrina, 2015.

MILANI, E. J. Comentários sobre a origem e a Evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: Mantesso-Neto, Virgínio et al. Org. Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: BECA, 2004. p. 265–279.

MOREIRA, Marco Antonio A.; LORANDI, Reinaldo; MORAES, Maria Eugênia B. de. Caracterização de áreas preferenciais para a instalação de aterros sanitários no município de descavado (SP), na escala 1:50.000. **Revista Brasileira de Cartografia**. Rio de Janeiro, n. 60/02, p. 177-194, ago. 2008.

MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, Marta. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 111-124, jun. 2008.

NASCIMENTO, Flávia M. F. et al. Sistema de Informações de Água Subterrânea – SIAGAS Histórico, Desafios e Perspectivas. In: XV CONGRESSO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 2008.

OLIVEIRA, M. D. R. **Avaliação da contaminação do solo pela disposição inadequada de resíduos sólidos em Romaria-MG.** 2012. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

OLIVEIRA, Selene; PASQUAL, Antenor. Avaliação de parâmetros indicadores de poluição por efluente líquido de um aterro sanitário. **Engenharia sanitária ambiental.** Botucatu, v. 9, n. 3, p. 240-249, jul/set. 2004.

PERFIL DA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA 2012. Londrina, 302 p., 2012.

PERFIL DA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA 2014. Londrina, 302 p., 2014.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J.; Geologia do Brasil. São Paulo: EDUSP, 1983.

SAMIZAVA, Tiago et al. SIG aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no município de Presidente Prudente – SP. **Revista Brasileira de Cartografia.** Presidente Prudente, n. 60/01, p. 43-55, abr. 2008.

SANTOS, Humberto G. dos; ZORONI, Maria José; ALMEIDA, Eliane de P. C. Nitossolos Vermelhos. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, Brasília, 19 ago. 2008. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn362ja102wx5ok0liq1mqelqj5hh.html>. Acesso em: 10 jul. 2015.

SANTOS, Leonardo José C. et al. Mapeamento geomorfológico do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 03-12, 2006.

SANTOS, M. M. Avaliação hidrogeológica para determinação da vulnerabilidade natural do Aquífero freático em área selecionada na cidade de Londrina (PR) Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005. 130p.

SANTOS, Maurício M. **Avaliação Hidrogeológica nas adjacências do antigo Lixão de Rolândia-PR**. 2003. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior em Geologia e Pedologia. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2003.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPMR. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/apresentacao.php>>. Acesso em: 24 de jan. 2015.

SILVA, Cleiton da. et al. Diagnóstico da contaminação do solo e aplicação do índice de qualidade de aterros de resíduos da CETESB na área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Peabirú-PR. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 2, p. 252-270, abr/jun. 2012.

SOUSA, Djalma M. G. de; LOBATO, Edson. Latossolos. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, Brasília, 8 jul. 2006. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html>. Acesso em: 10 jul. 2015

SOUZA, C. M. A. de; RAFULL, L. Z. L.; VIEIRA, L. B. Determinação do Limite de Liquidez em dois tipos de solos, utilizando-se diferentes metodologias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 460-464, jan. 2000.

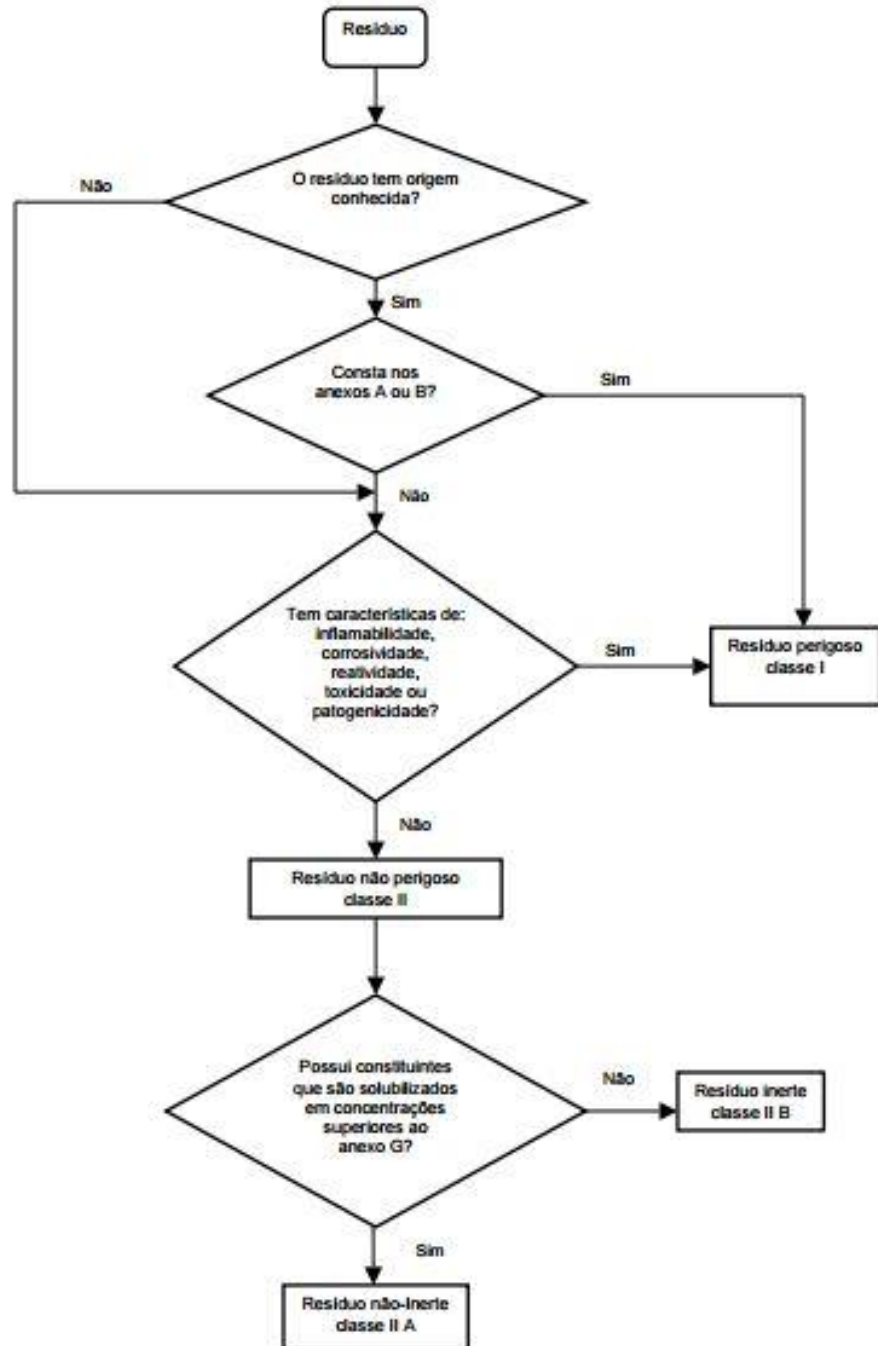
SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO DE RECURSOS HÍRICOS (SPR) - ATLAS BRASIL. **Abastecimento Urbano de Água: PANORAMA NACIONAL, Vol. 1**. Brasília, 2010.

VARELLA, Carlos Alberto A.; JUNIOR, Darly Geraldo de S. **Estudo do Interpolador IDW do Arcview para Utilização em Agricultura de Precisão**. 2008. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

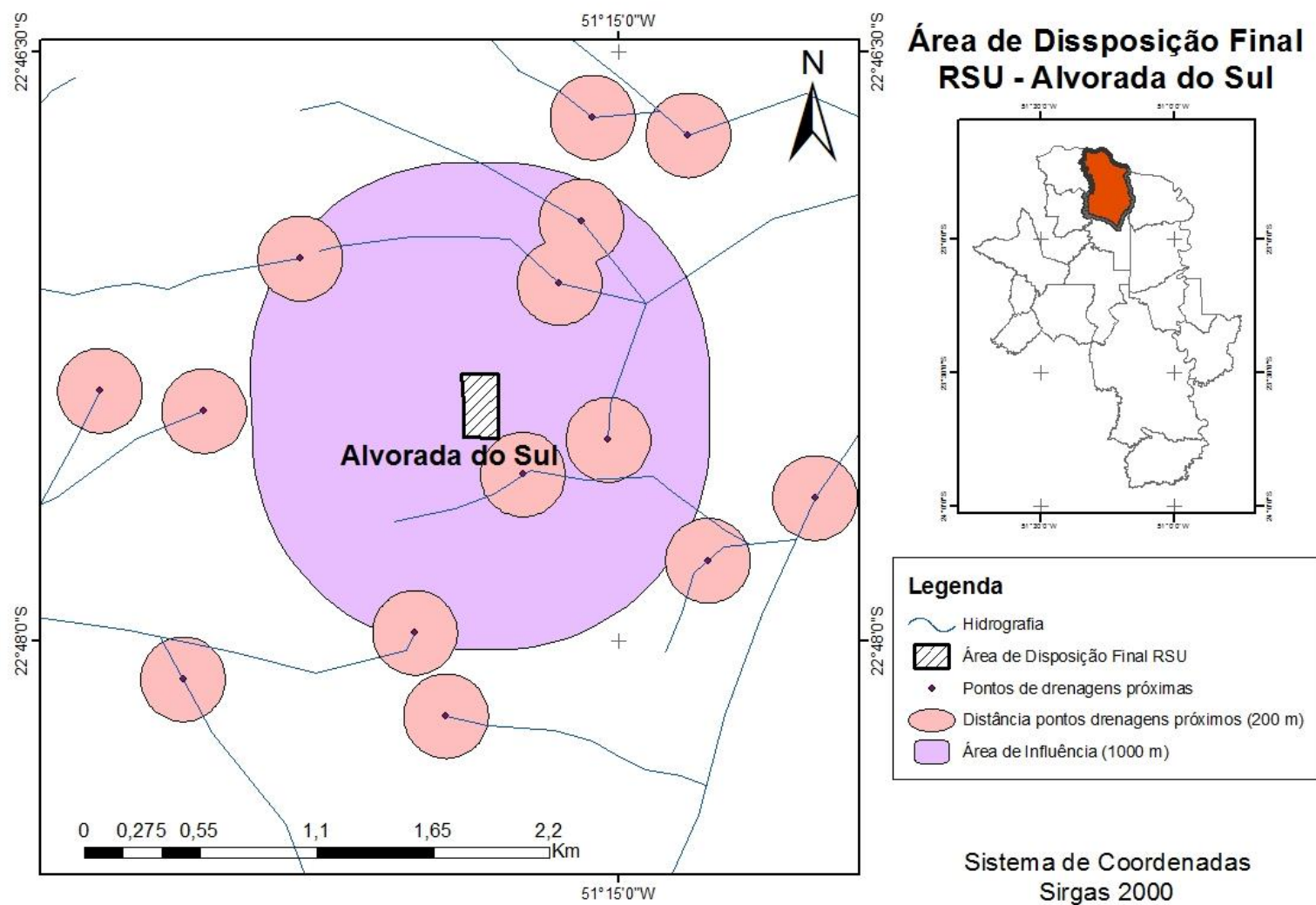
WAQUIL, Dione D. et al. III-087 - Seleção de áreas para tratamento e disposição final de resíduos sólidos. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, XXVII, 2000, Porto Alegre. **Anais...** ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000. p. 1-19.

ZANTA, Viviana M.; FERREIRA, Cynthia F. A. F. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos – Cap. 1. **Prosab – Armando**. Disponível em: <<http://etg.ufmg.br/~gustavo/arquivos/livroprosab.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

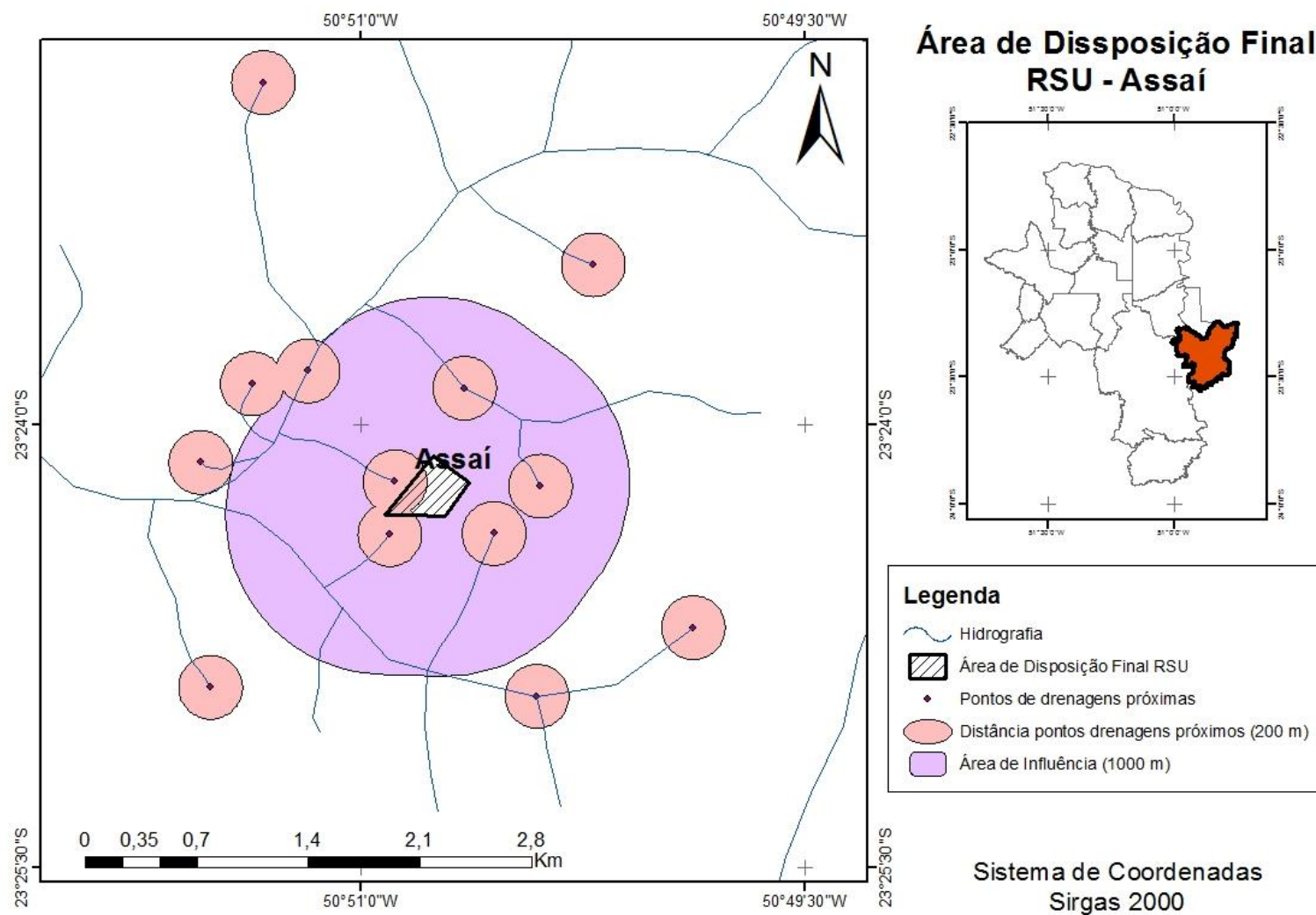
ANEXO A – Fluxograma para a classificação dos Resíduos Sólidos de acordo com a ABNT NBR 10004:2004.



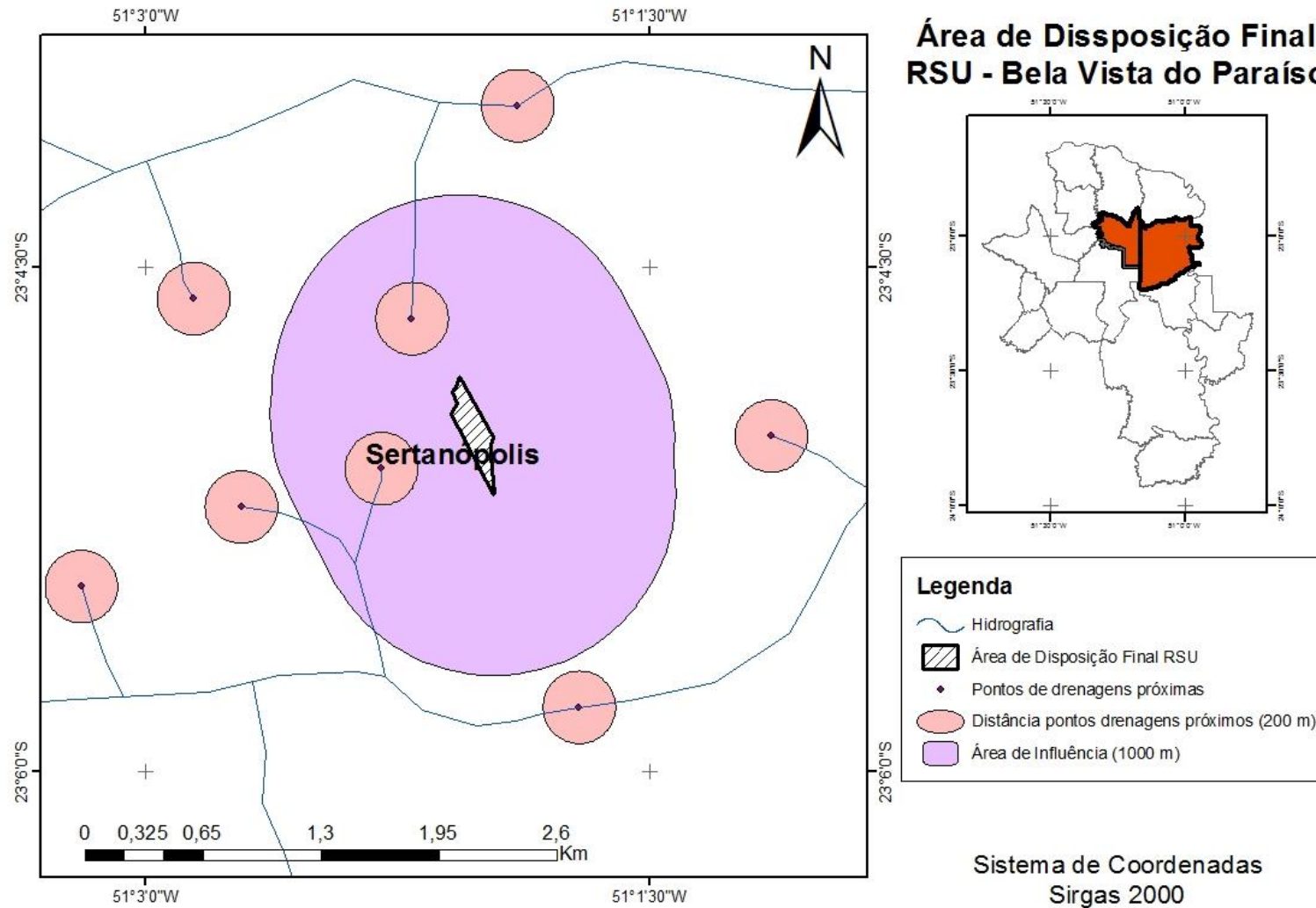
ANEXO B – Mapa de localização área de disposição final RSU de Alvorada do Sul – Adaptado ITCG, 2014.



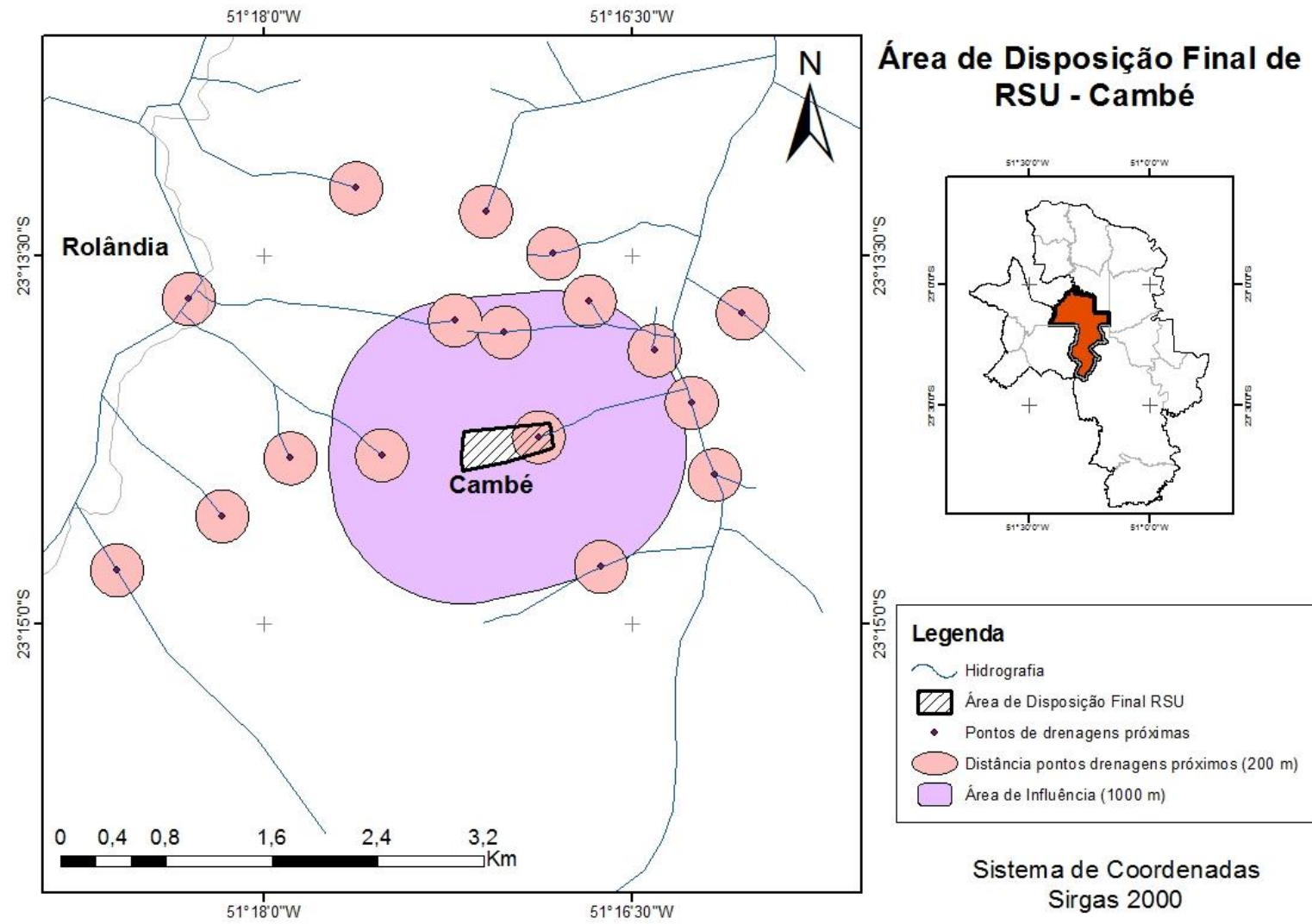
ANEXO C – Mapa de localização área de disposição final RSU de Assaí – Adaptado ITCG, 2014..



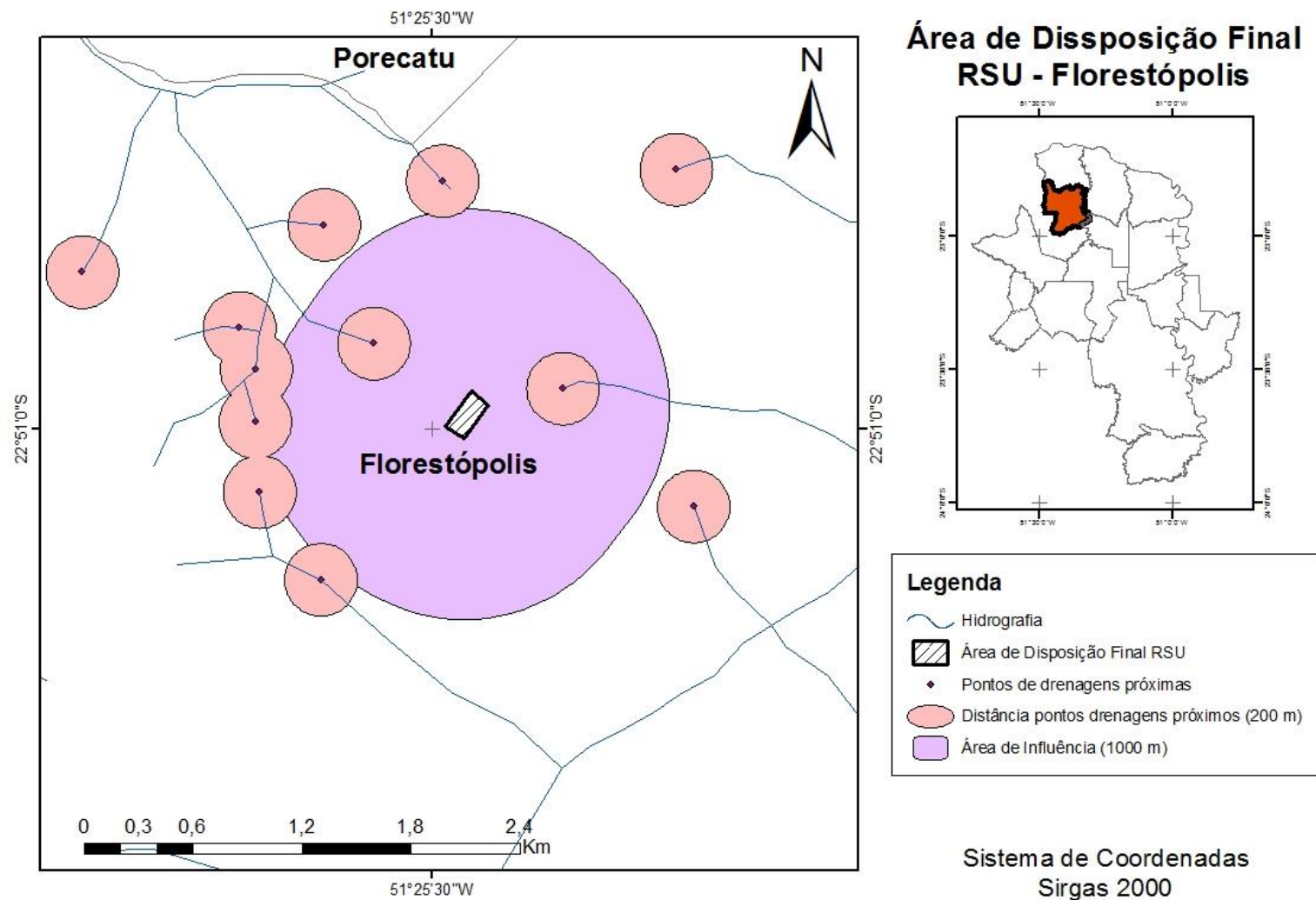
ANEXO D – Mapa de localização área de disposição final RSU de Bela Vista do Paraíso– Adaptado ITCG, 2014..



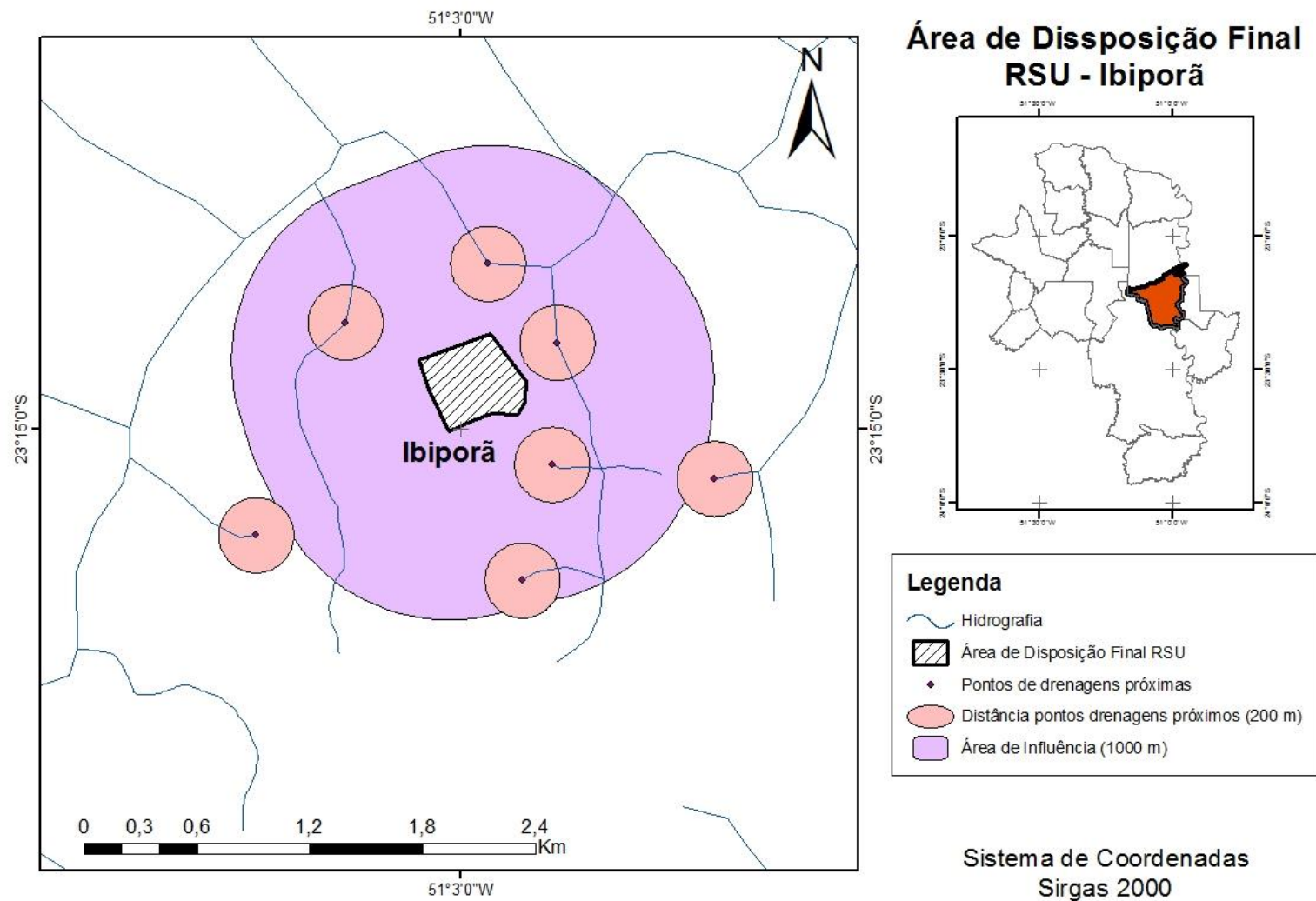
ANEXO E – Mapa de localização área de disposição final RSU de Cambé– Adaptado ITCG, 2014.



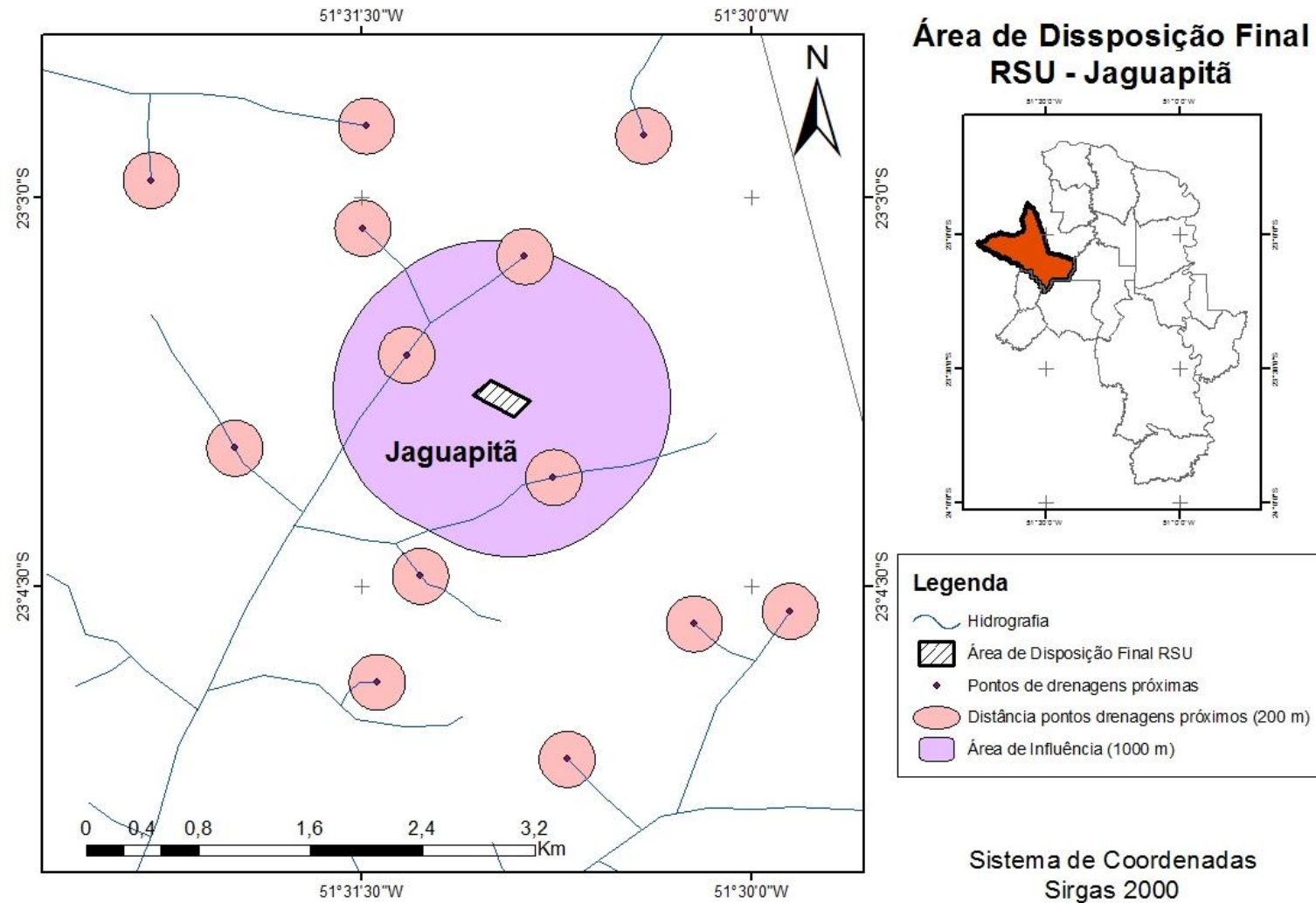
ANEXO F – Mapa de localização área de disposição final RSU de Florestópolis– Adaptado ITCG, 2014.



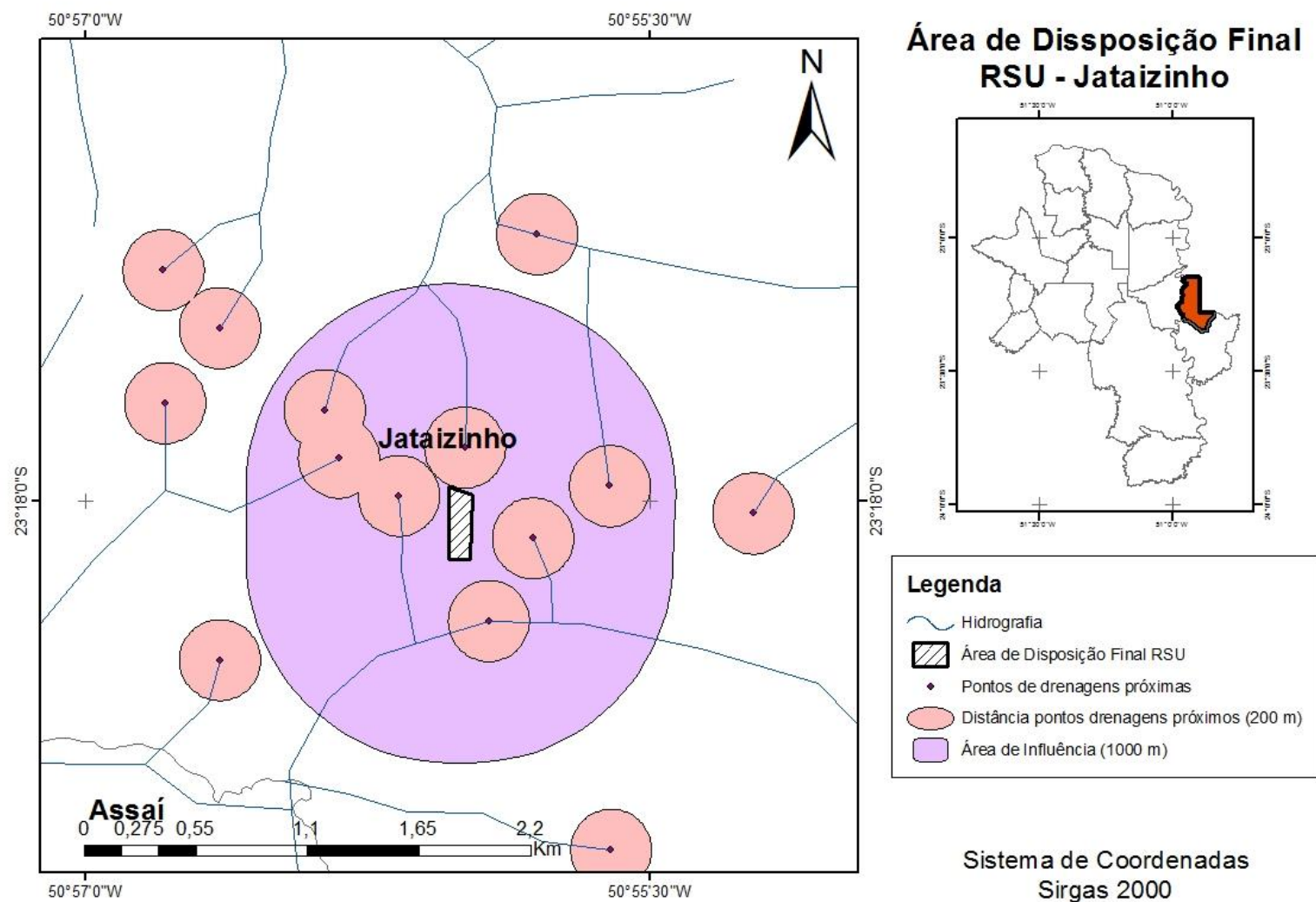
ANEXO G – Mapa de localização área de disposição final RSU de Ibiporã – Adaptado ITCG, 2014.



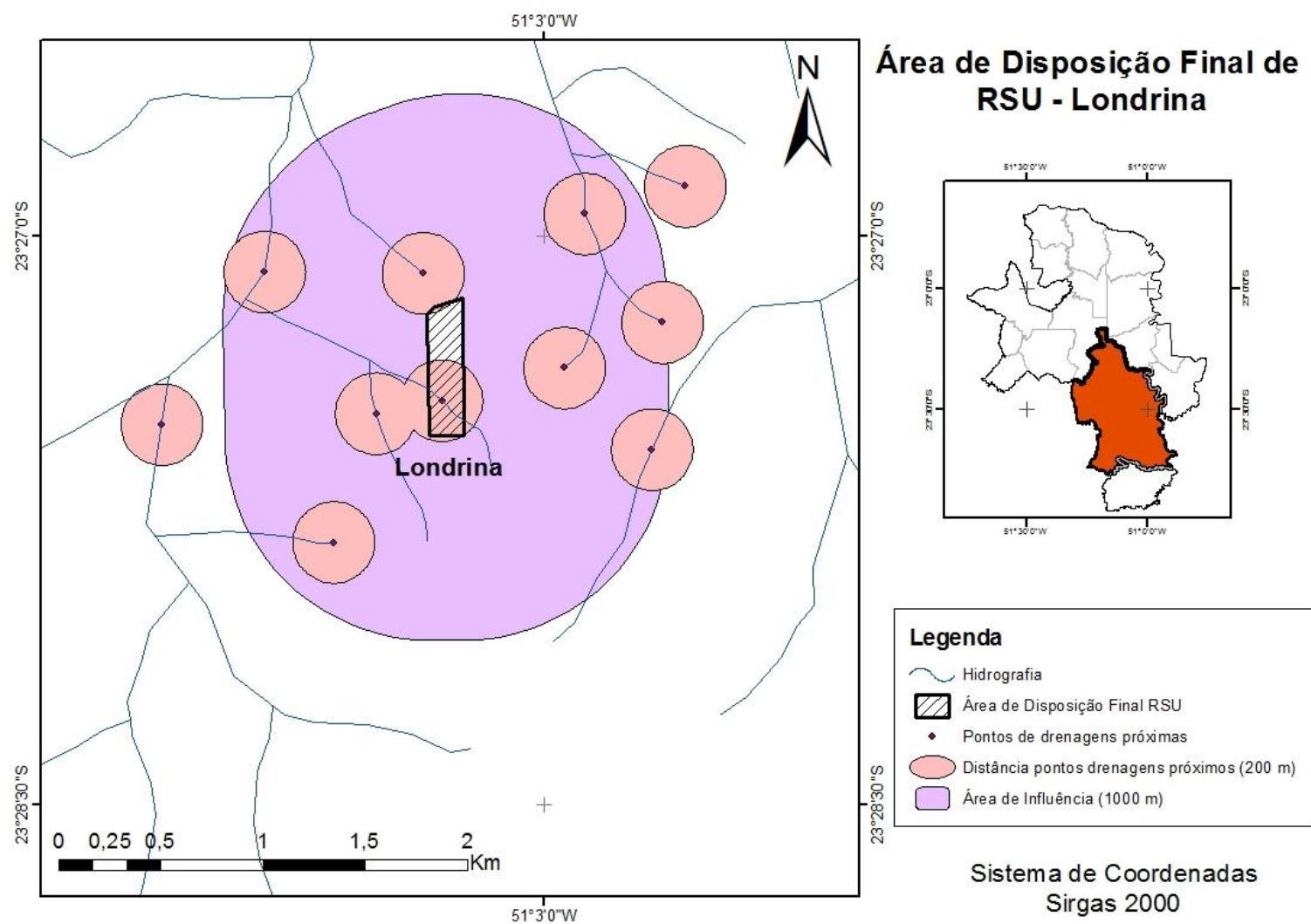
ANEXO H – Mapa de localização área de disposição final RSU de Jaguapitã– Adaptado ITCG, 2014.



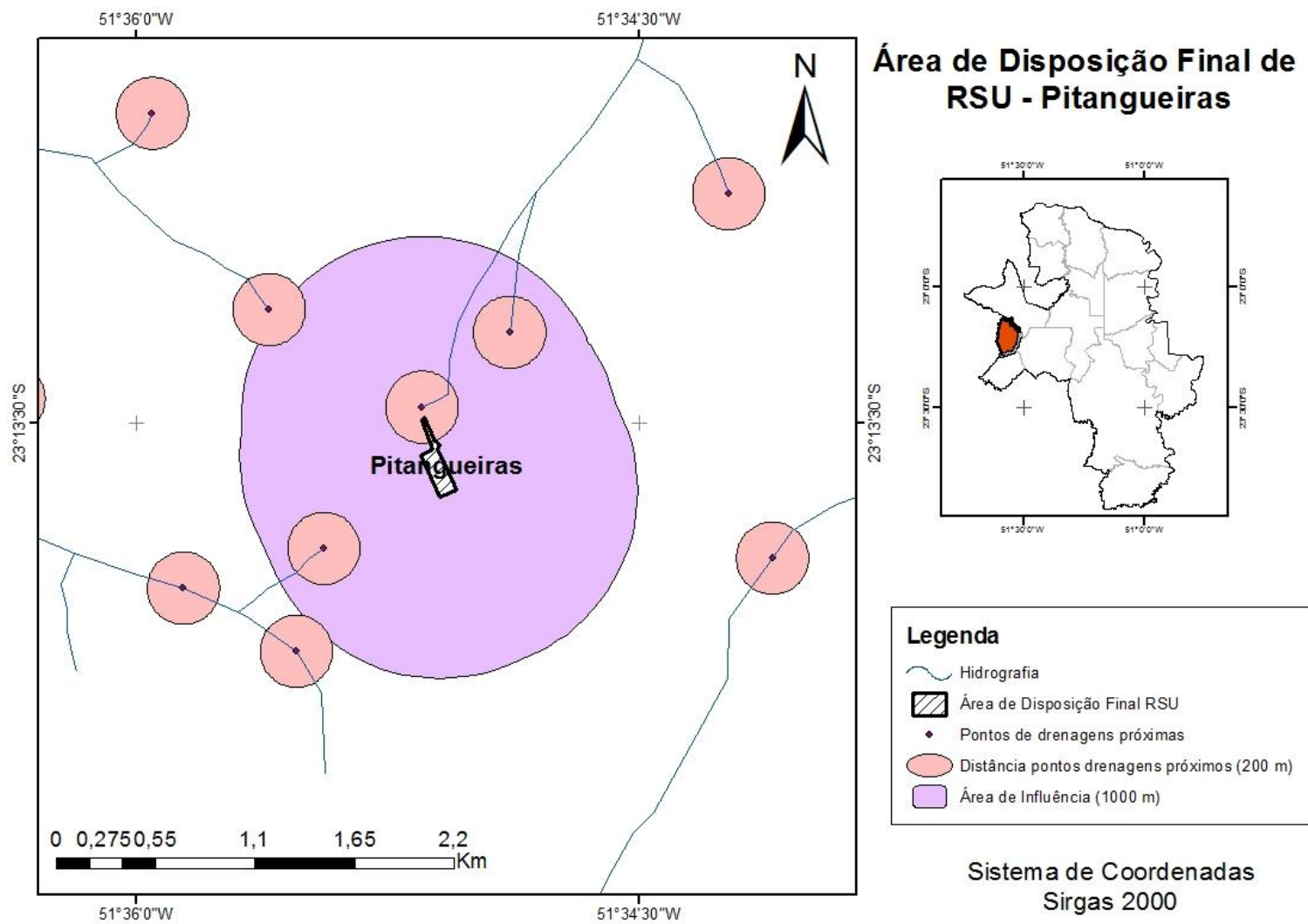
ANEXO I – Mapa de localização área de disposição final RSU de Jataizinho– Adaptado ITCG, 2014.



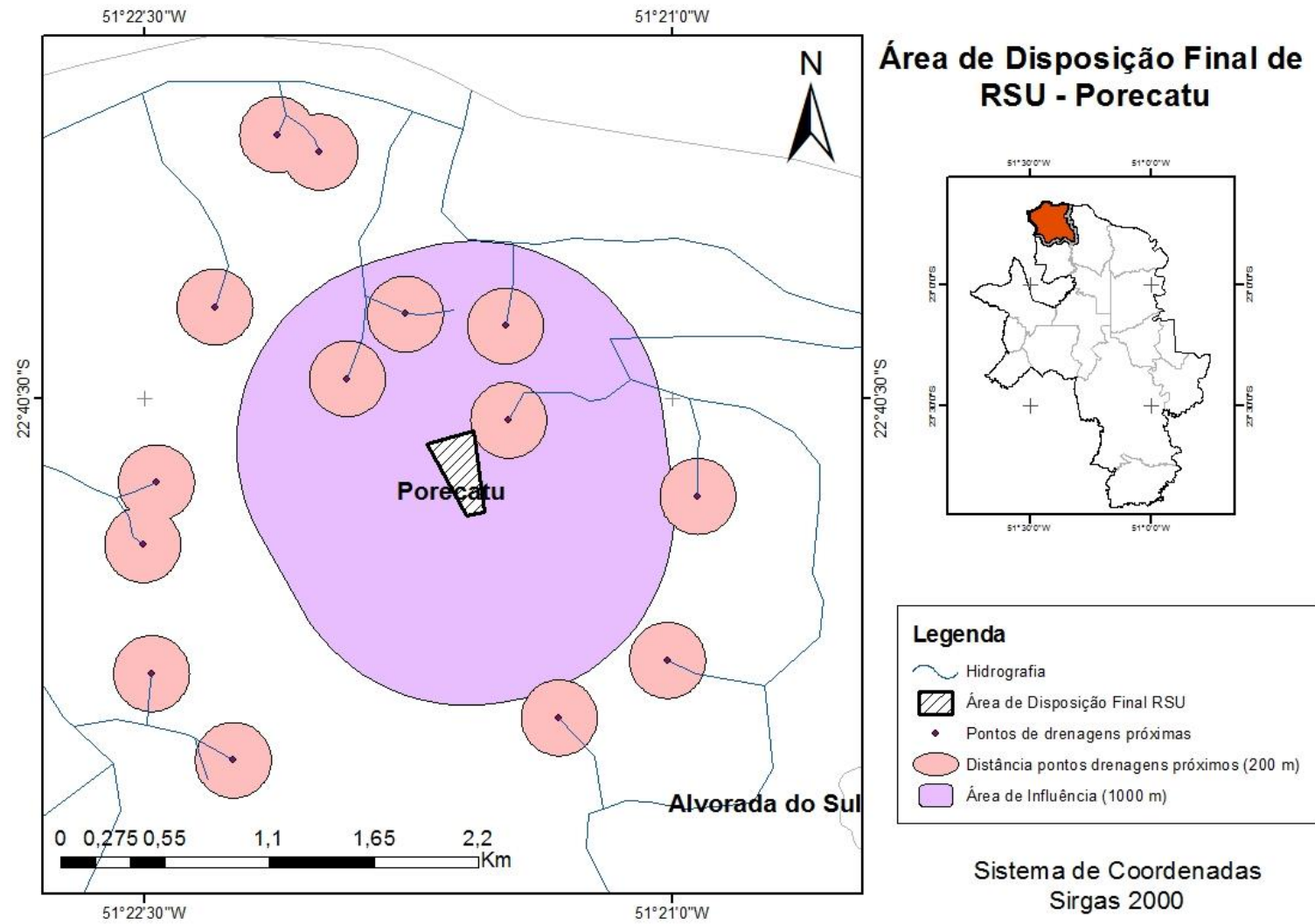
ANEXO J – Mapa de localização área de disposição final RSU de Londrina – Adaptado ITCG, 2014.



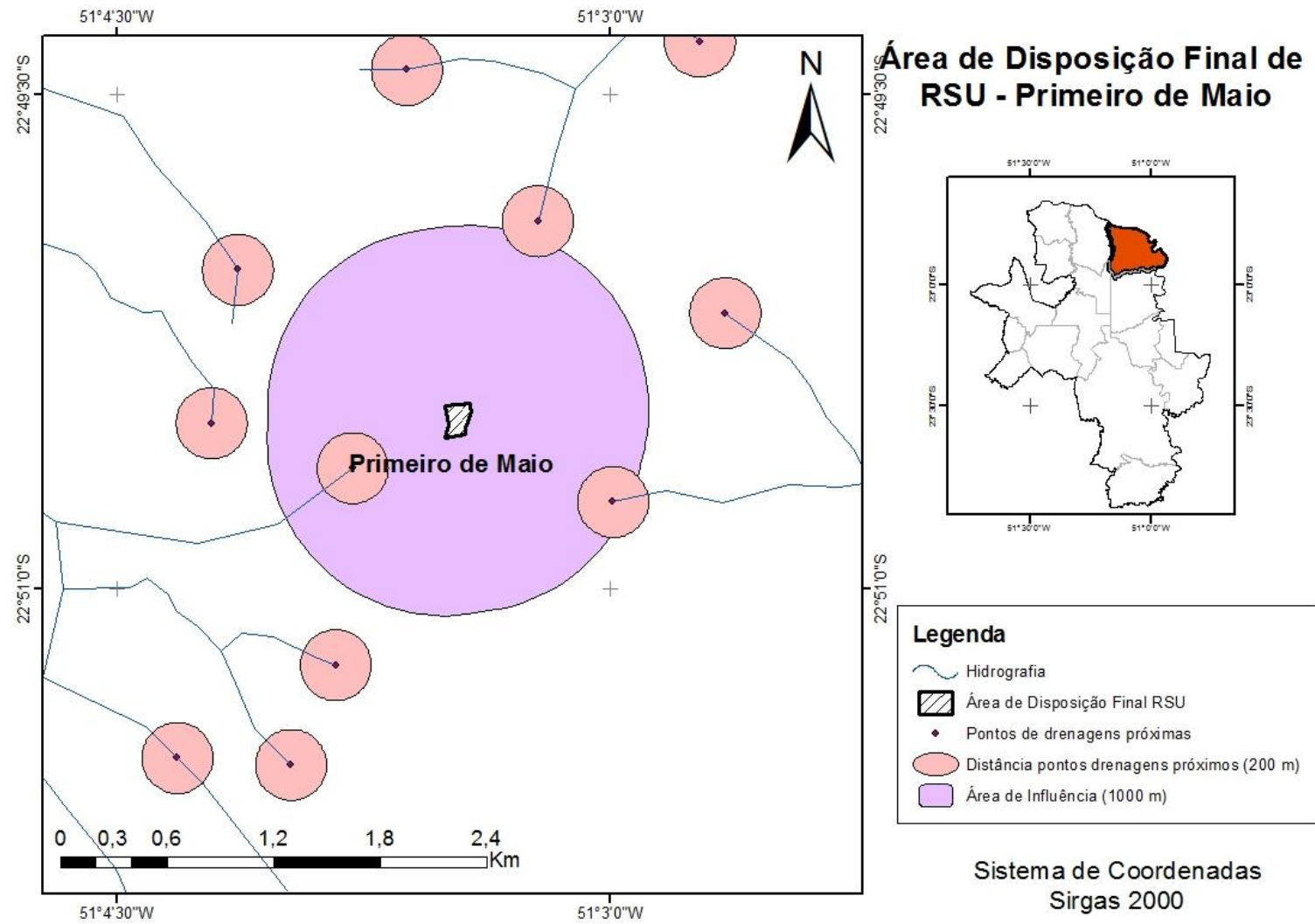
ANEXO L – Mapa de localização área de disposição final RSU de Pitangueiras– Adaptado ITCG, 2014.



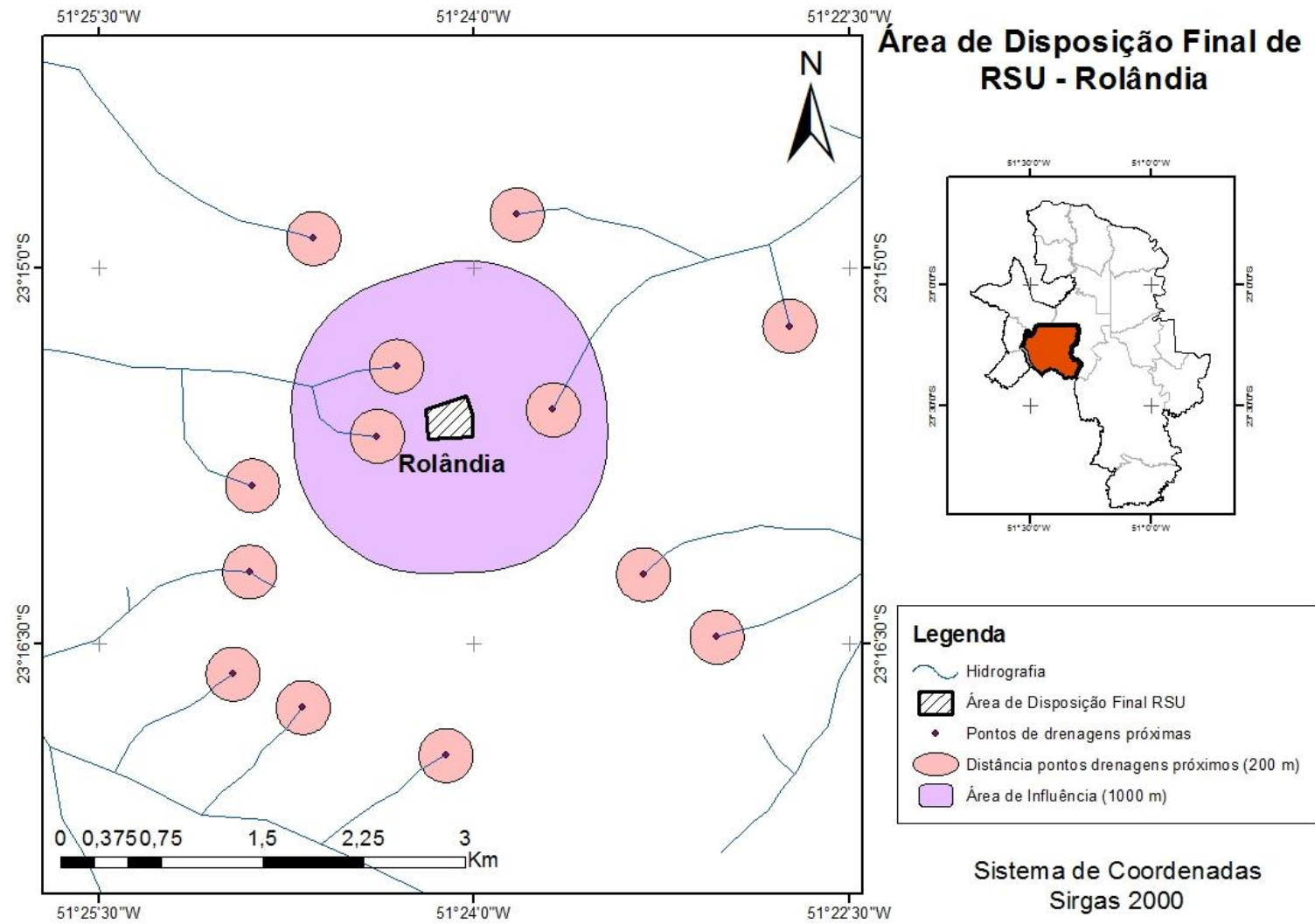
ANEXO M – Mapa de localização área de disposição final RSU de Porecatu – Adaptado ITCG, 2014.



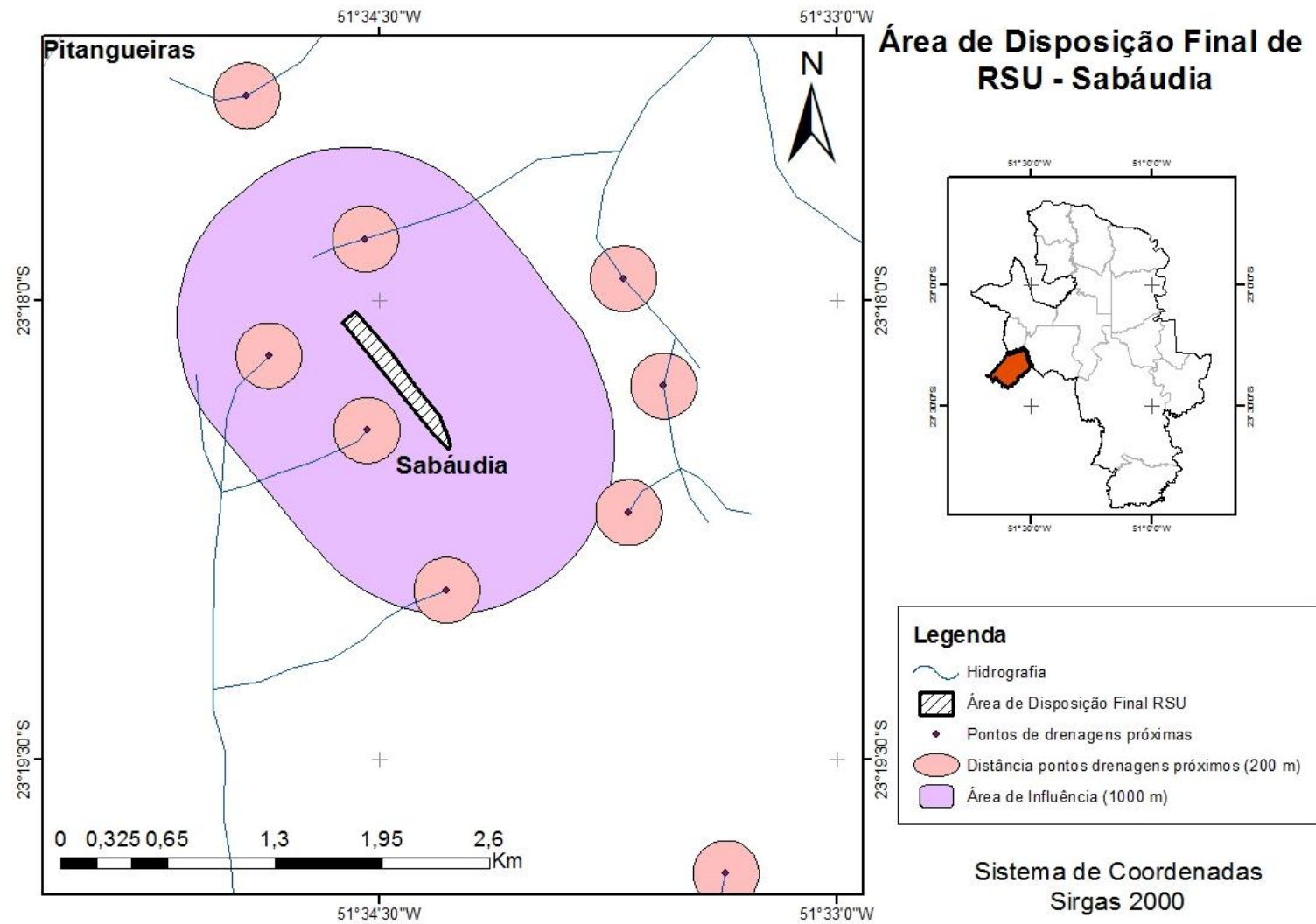
ANEXO N – Mapa de localização área de disposição final RSU de Primeiro de Maio – Adaptado ITCG, 2014.



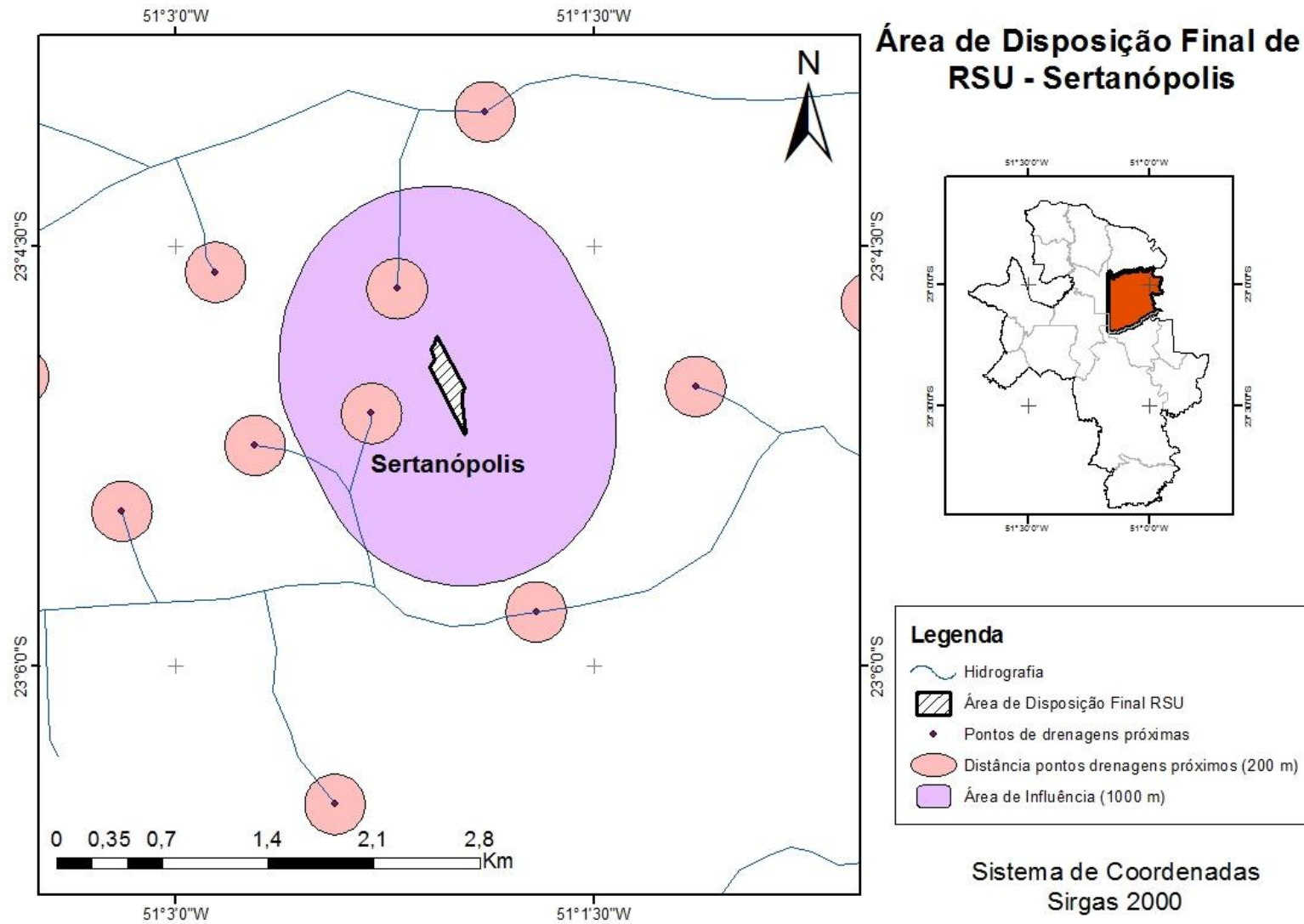
ANEXO O – Mapa de localização área de disposição final RSU de Rolândia – Adaptado ITCG, 2014.



ANEXO P– Mapa de localização área de disposição final RSU de Sabaúdia– Adaptado ITCG, 2014.



ANEXO Q – Mapa de localização área de disposição final RSU de Sertanópolis – Adaptado ITCG, 2014.



ANEXO R – Mapa de localização área de disposição final RSU de Tamarana– Adaptado ITCG, 2014.

