

Sensibilidade Ambiental do Meio Físico para Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos na Região Metropolitana de Londrina – PR

Environmental Sensitivity Concerning the Disposal of Urban Solid Waste in the Metropolitan Region of Londrina - PR

Sensibilidad Ambiental del Medio Físico en la Disposición de los Residuos Sólidos Urbanos en la Región Metropolitana de Londrina – PR

Ângela Cristina Alves de Melo¹

Marília Moreira de Eiras²

Maurício Moreira dos Santos³

RESUMO: A gestão de resíduos sólidos urbanos tem sido um dos maiores desafios a serem equacionados pela sociedade nos dias atuais, intensificados pela crescente geração de resíduos *per capita*. Desse modo, é premente a necessidade de se criar novas áreas para dispor os resíduos sólidos urbanos. Estas áreas devem ser criteriosamente escolhidas e seguirem os projetos de engenharia adequados. Sendo assim, o presente trabalho apresenta uma proposta de análise das áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos da Região Metropolitana de Londrina, levando em conta seu distanciamento de corpos hídricos superficiais e poços de abastecimento, dado seu potencial de contaminação. Também foi realizado o mapa de risco de contaminação do Sistema Aquífero Serra Geral por aterros na região de estudo, utilizando-se de novo método de avaliação denominado Risco de Contaminação de Aquíferos por Aterros (RIQA). O presente estudo mostrou que aproximadamente 31% dos aterros dos municípios desta região metropolitana estão alocados a menos de 200 metros de mananciais superficiais. Com relação aos poços de abastecimento, esses se encontram em condição irregular em 19% dos municípios, ou seja, perfurados a menos de 200 metros de distância dos locais de disposição final de resíduos sólidos urbanos e ainda, dois destes municípios apresentaram risco alto de contaminação do aquífero.

¹ Geógrafa, Doutora em Geografia pela Universidade Estadual de Londrina, Docente do Centro Universitário Filadélfia-UNIFIL, Endereço: Rua Alexander Grahn Bell, 433 - casa 33, CEP: 86.063-250, Londrina-PR, e-mail: acmelo_rol@hotmail.com.

² Engenheira Ambiental. Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Estado do Paraná-UTFPR-Londrina. Endereço: Rua Graúna, 165, Bloco 01, apartamento 203, Bairro Aeroporto. Londrina-PR. e-mail: eiras.marilia@gmail.com.

³ Geógrafo, Doutor em Geociências pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita-UNESP-Rio Claro - SP, Docente da Universidade Tecnológica Federal do Estado do Paraná-UTFPR-Londrina, Endereço: Rua Alexander Grahn Bell, 560, apartamento 1102, CEP: 86063-250, Londrina-PR. e-mail: mmsantos.geo@gmail.com.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos urbanos. Recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Mapa de risco de contaminação de aquíferos.

ABSTRACT: *Municipal solid waste management has been one of the biggest challenges to be solved by society today, intensified by the increasing generation of waste per capita. With this, there is the need to create new areas to dispose municipal solid waste, these sites should be carefully chosen and follow the appropriate engineering projects. Therefore, this work presents a proposal for analysis of final disposal of solid waste areas of the metropolitan area of Londrina, taking into account their distance from surface water and supply wells, given the potential for contamination. It was also carried out to study production of system contamination risk map Serra Geral Aquifer landfill sites in the study area, using the new evaluation method called Aquifer Contamination Risk of Landfills (RIQA). This study showed that approximately 31% of the landfills of the cities in this metropolitan area are allocated to within 200 meters of surface water sources and nearly 19% of supply wells are in this condition and two of these municipalities had a high risk of contamination of the aquifer.*

KEYWORDS: *Urban solid waste. Surface and underground water resources. Map of aquifer contamination risk.*

RESUMEN: *La gestión de los residuos sólidos urbanos ha sido uno de los mayores desafíos a ser abordados por la sociedad en la actualidad, intensificados por la creciente generación de residuos per cápita. Por lo tanto, es urgente la necesidad de crear nuevas áreas para disponer los residuos sólidos urbanos. Estas áreas deben ser cuidadosamente elegidas y seguir los proyectos de ingeniería adecuados. Así, el estudio presenta una propuesta para el análisis de las áreas de disposición final de los residuos en la Región Metropolitana de Londrina, teniendo en cuenta su distancia de reservorios de agua superficiales y pozos de abastecimiento, debido a su potencial contaminador. También se realizó el mapa de riesgo de contaminación del sistema acuífero "Serra Geral" provocados por vertederos en la región de estudio, utilizando el nuevo método de evaluación denominado Riesgo de Contaminación de Acuíferos por Vertedero (RIQA). El presente estudio demostró que aproximadamente el 31% de los vertedero de las ciudades en esta Región Metropolitana están situados a menos de 200 metros de los manantiales superficiales. Con respecto a los pozos de abastecimiento, estos se encuentran en condición irregular en el 19% de los municipios, o sea, perforados a menos de 200 metros distantes de los locales de disposición final de residuos sólidos urbanos y aún, dos de estos municipios presentan alto riesgo de contaminación del citado acuífero.*

PALABRAS-CLAVE: *Residuos sólidos urbanos. Recursos hídricos superficiales y subterráneos. Mapa de riesgos de contaminación.*

INTRODUÇÃO

O constante aumento na geração de resíduos sólidos urbanos nas últimas décadas trouxe para a sociedade um dos maiores problemas da atualidade, desde o âmbito social até o ambiental, como, por exemplo, os lixões a céu aberto. Esses resíduos coletados ou dispostos inadequadamente trazem significativos impactos ao meio ambiente e à saúde pública. Os locais de disposição final dos resíduos sólidos, de acordo com as suas características geotécnicas e construtivas, “[...] podem ser classificados como aterros sanitários, quando existem sistemas de proteção contra a poluição dos solos e corpos

d'água ou lixões, quando a ausência dessa proteção traz riscos de poluição aos solos, ar e águas” (BETIO; SANTOS, 2016, p. 2).

A disposição final inadequada dos resíduos sólidos polui o ar, o solo, as águas superficiais e subterrâneas, gerando percolado e gases do efeito estufa. 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 o lixiviado entre em contato direto com o solo, ligando-se às 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 transporta materiais contaminados e o lixiviado para os corpos hídricos superficiais mais próximos, resultando na sua degradação, tornando-os impróprios para o consumo ou para qualquer atividade humana.

Diante desta problemática, se faz necessária a realização de ações que visem proteger os ecossistemas. Desta 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 e sua proximidade aos corpos hídricos superficiais e pontos de extração de águas subterrâneas para abastecimento da população.

MATERIAL E MÉTODOS

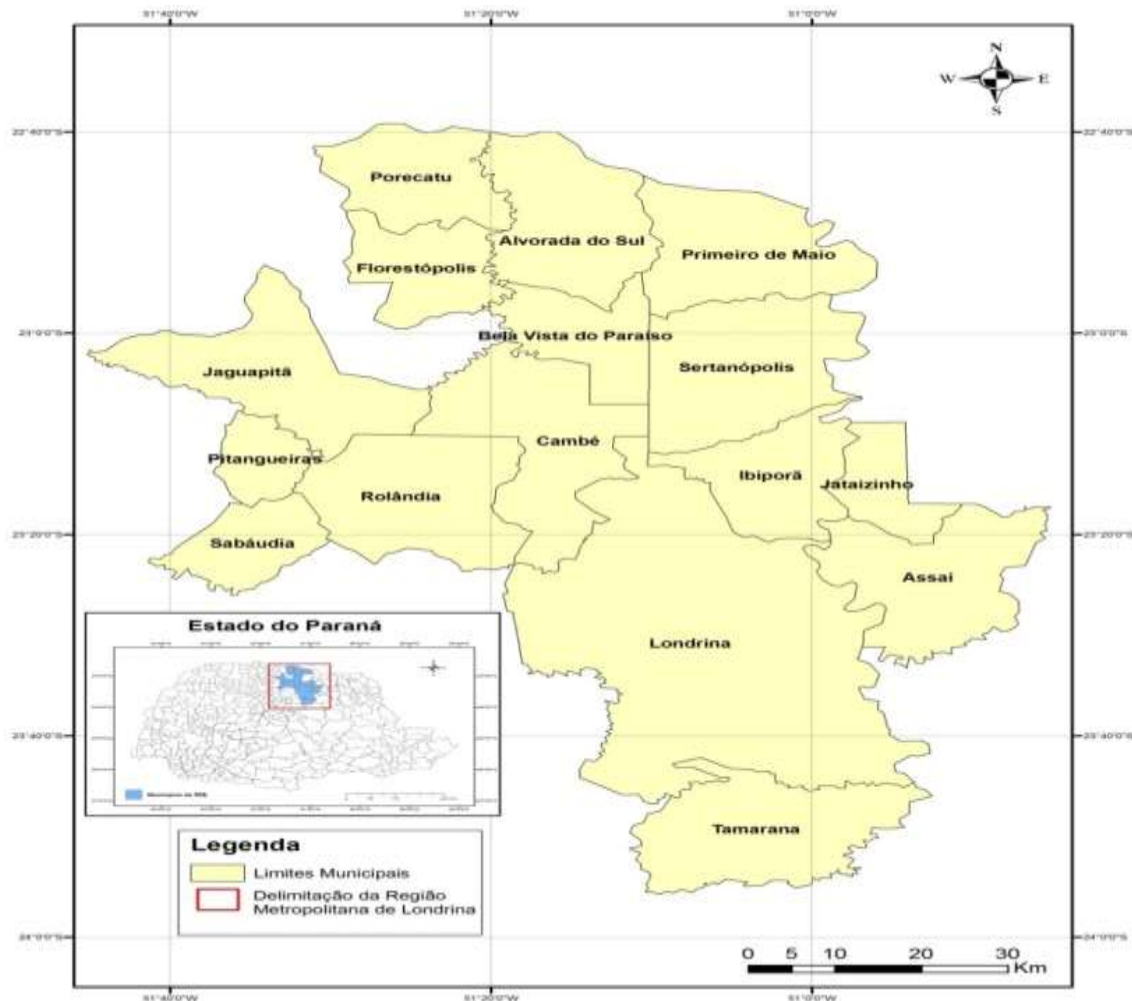
A RML foi instituída pela Lei Complementar Estadual 81, de 17 de junho de 1998 (PARANÁ, 1998), sendo esta Região formada pelos municípios de Alvorada do Sul, Assaí, Bela Vista do Paraíso, Cambé, Ibiporã, Florestópolis, Jaguapitã, Jataizinho, Londrina, Pitangueiras, Porecatu, Primeiro de Maio, Rolândia, Sabáudia, Sertanópolis e Tamarana (Figura 1), totalizando 16 municípios até o mês de junho de 2013 e 848.363 habitantes, de acordo com Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010).

A disposição de resíduos sólidos no solo pode ter impacto direto sobre as águas superficiais, subterrâneas e solo. Conforme Nakamura et al. (2014) a contaminação da água subterrânea através do lixiviado resultante da disposição inadequada dos resíduos sólidos é uma realidade em nosso país.

Desta forma, uma metodologia de análise da sensibilidade do meio físico na RML é importante para apontar os casos de maior risco de impacto. Para a construção deste

panorama do risco existente, de contaminação das águas superficiais e subterrâneas da região, adotou-se o recente trabalho realizado por Eiras (2015), que considerou as distâncias dos locais de disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) a corpos hídricos superficiais, a poços de abastecimento tubulares profundos e o risco de contaminação do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) por meio da construção da matriz: Risco de Contaminação de Aquíferos por Aterros (RIQA).

Figura 1 – Localização da Região Metropolitana de Londrina (RML) - 2013



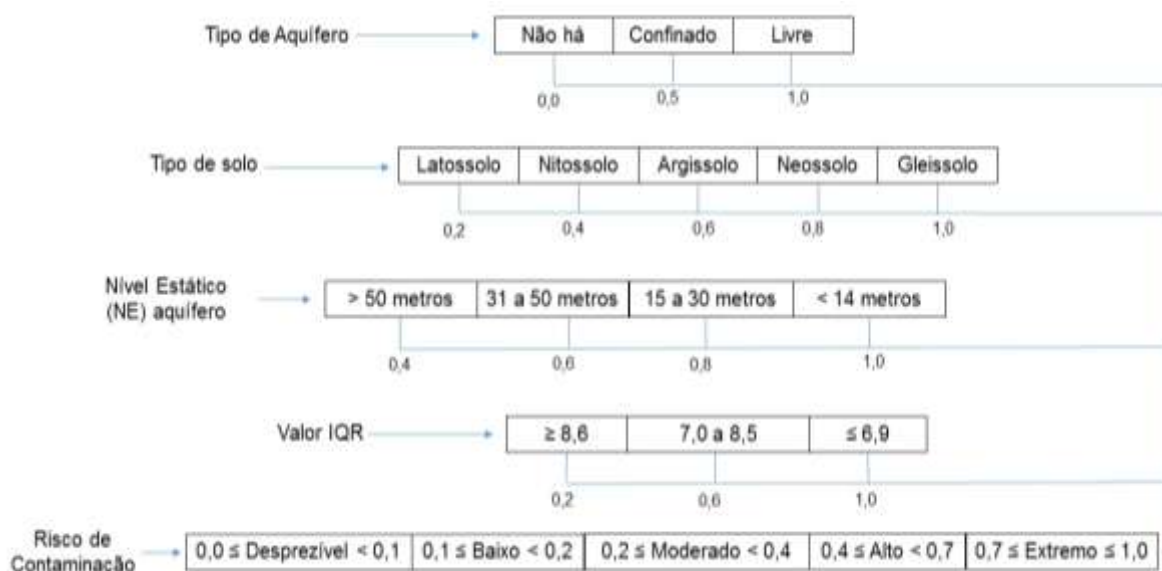
Fonte: Melo (2015).

Para a determinação do RIQA utilizam-se parâmetros intrínsecos à vulnerabilidade de aquíferos, e, para o trabalho, foi escolhido o índice *Groundwater occurrence, Overall lithology of unsaturated zone, Depth of the water table* (GOD), calculado através de um sistema de matriz, com as notas do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR), as quais foram obtidas a partir dos dados preliminares da tese de doutoramento para os municípios da RML, já divulgados por meio de artigo científico por Melo, Barros e Fernandes (2015).

O GOD foi desenvolvido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e utiliza requisitos mínimos para determinar o índice de vulnerabilidade de aquíferos (GUIGUER; KOHNKE, 2002). Estes autores, na mesma obra, pontuam algumas informações que o índice GOD leva em consideração, sendo elas: a ocorrência de lençol freático (livre ou confinado), o tipo de solo predominante no local e o nível do lençol freático.

Portanto, para a construção do mapa de risco de contaminação do SASG, com a utilização do índice RIQA, fez-se necessário a análise de alguns parâmetros intrínsecos ao meio natural, tais como: definição do tipo de aquífero; definição do tipo de solo; posicionamento do nível freático para os locais de disposição final de RSU e a nota do IQR. A Figura 2 ilustra como foram agregadas as notas para a construção do mapa de risco de contaminação (RIQA) do SASG por aterros.

Figura 2 – Pesos dos parâmetros para produção do mapa de risco de contaminação (RIQA) do SASG



Fonte: Eiras (2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas

O mapeamento realizado em função da distância entre as áreas de disposição final de RSU e os corpos hídricos superficiais revelou resultados preocupantes (EIRAS, 2015). A maior parte dessas áreas de disposição de RSU na RML é caracterizada como lixão, conforme estudo realizado por Melo, Barros e Fernandes (2015) por meio de notas obtidas pelo IQR.

Neste contexto, vale lembrar que nos lixões os resíduos são dispostos sem nenhuma preparação prévia do solo, tampouco sistemas de tratamento de efluentes líquidos. Já nos aterros sanitários há impermeabilização da base para receber os resíduos, bem como a captação do chorume e do gás metano. Conforme Manoel Filho (2008), em locais planejados e operados devidamente, a disposição dos resíduos pode ocorrer sem praticamente nenhum risco de contaminação das águas subterrâneas.

Em vários municípios da RML constatou-se que os responsáveis pela gestão dos resíduos sólidos desconhecem os critérios mínimos para operação de um aterro sanitário, tais como: existência de portaria em funcionamento, presença de vigilantes para realizar controle de cargas, compactação e cobertura preferencialmente diária dos resíduos dispostos (MELO, 2016).

A norma utilizada como parâmetro no estudo realizado por Eiras (2015) foi a NBR 13.869 (ABNT, 1997), a qual determina que os aterros devem estar localizados a uma distância mínima de 200 metros de qualquer corpo hídrico.

Segundo a referida autora constatou-se que 31,25% dos municípios situados na RML possuem corpos hídricos a menos de 200 metros das áreas de disposição final de RSU. Em outros 31,25% os locais de disposição final de RSU estão muito próximos 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 desses sistemas, a fim de garantir a manutenção dos recursos hídricos. Os 37,5% dos municípios restantes, apresentam boa localização das áreas de disposição de RSU em relação ao distanciamento dos corpos hídricos superficiais.

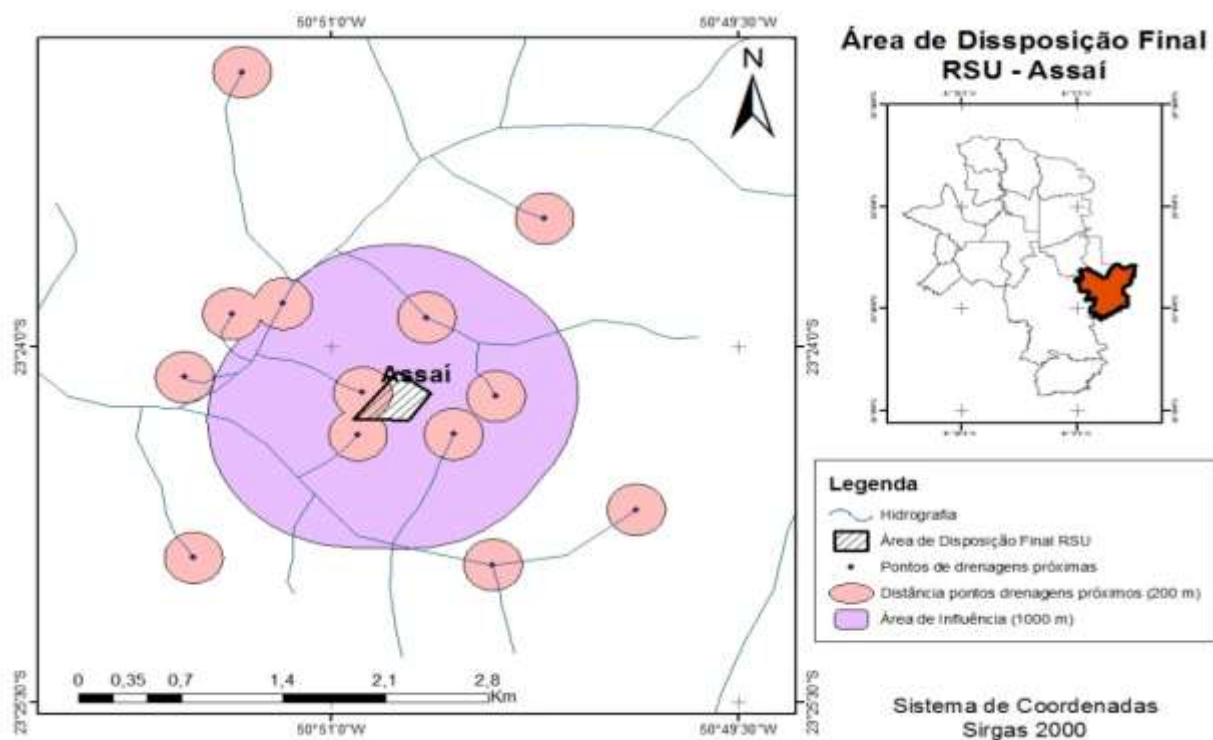
Contudo, mesmo não havendo mananciais a menos de 200 metros dessas áreas, a chance de contaminação é aumentada, devido à ineficiência desses sistemas de disposição final de RSU (EIRAS, 2015).

Os municípios de Assaí (Figura 3), Cambé (Figura 4), Londrina (Figura 5), Pitangueiras (Figura 6) e Tamarana (Figura 7) possuem área de disposição final de RSU instalados muito próximas a corpos hídricos superficiais, ou seja, a menos de 200 metros, em descumprimento a norma NBR 13.869 (ABNT, 1997). O fato que torna a situação mais preocupante é que somente os municípios de Londrina e Assaí possuem suas áreas de disposição de RSU caracterizadas como aterro sanitário, as demais são classificadas como lixão.

A situação da área de disposição final de RSU de Tamarana mostrou-se uma das mais precárias da RML, tanto pelo fato de dispor seus resíduos em um lixão, “[...] quanto pela localização da área acima de quatro cursos d’ água”. E em Londrina, mesmo dispondo seus resíduos em aterro sanitário, “[...] este foi instalado sobre um manancial superficial extenso” (Figura 5), em desconformidade com a NBR 13.869 (EIRAS, 2015, p. 61). Contudo, é

preciso ressaltar que, mesmo havendo dentro da área do aterro sanitário uma nascente ou um corpo hídrico superficial, a célula de disposição de resíduos não está sobre a nascente ou corpo hídrico, como é o caso do aterro sanitário de Londrina.

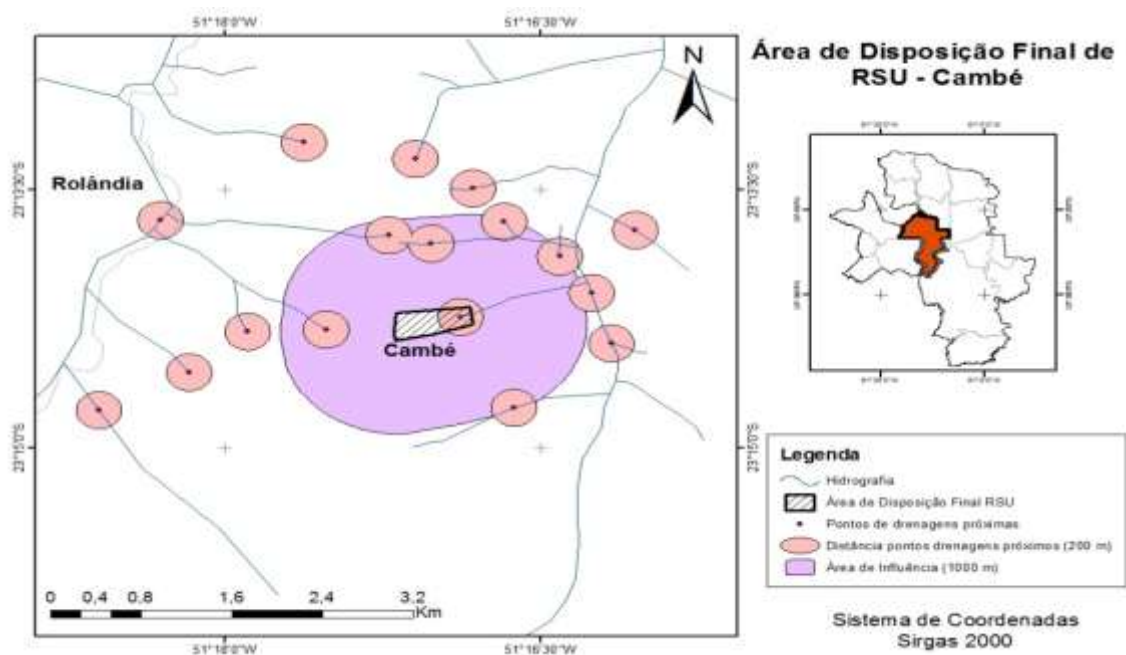
Figura 3 – Localização da área de disposição final RSU de Assaí – 2015



Fonte: Eiras (2015).

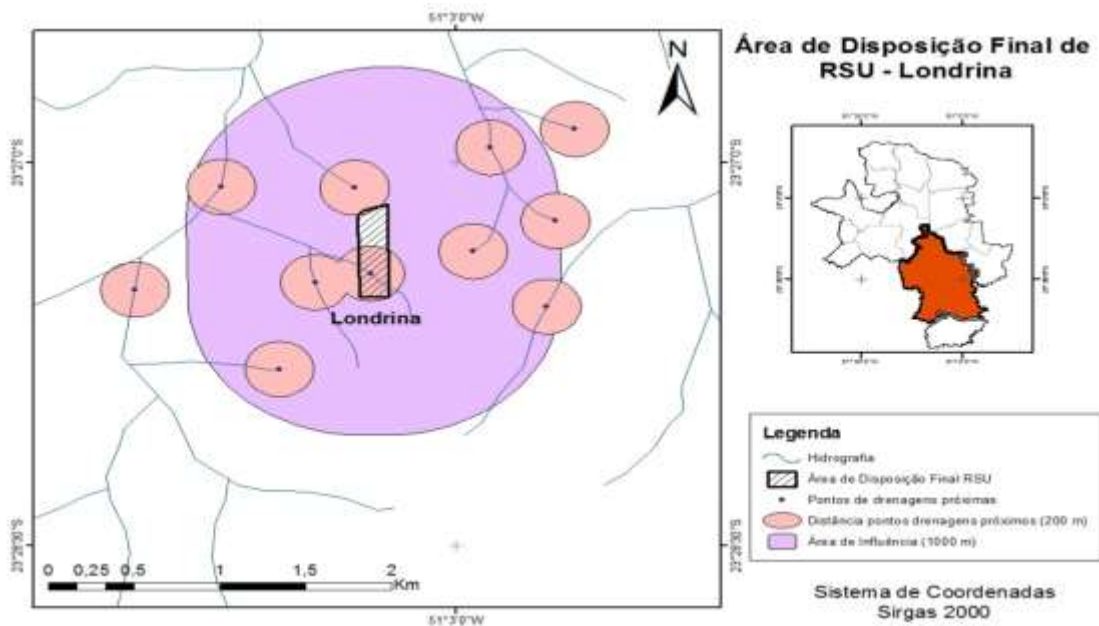
Ao mapear os locais de disposição de RSU dos municípios de Porecatu, Jataizinho, Ibiporã e Alvorada do Sul, pode-se verificar a ocorrência de corpos hídricos muito próximos a estes pontos de descarte de resíduos, uns há pouco mais de 200 metros dessas áreas. E dentre estas cidades somente Ibiporã destina adequadamente seus RSU em aterro sanitário (EIRAS, 2015). Contudo os mesmos atendem a NBR citada anteriormente.

Figura 4 – Localização da área de disposição final RSU de Cambé – 2015



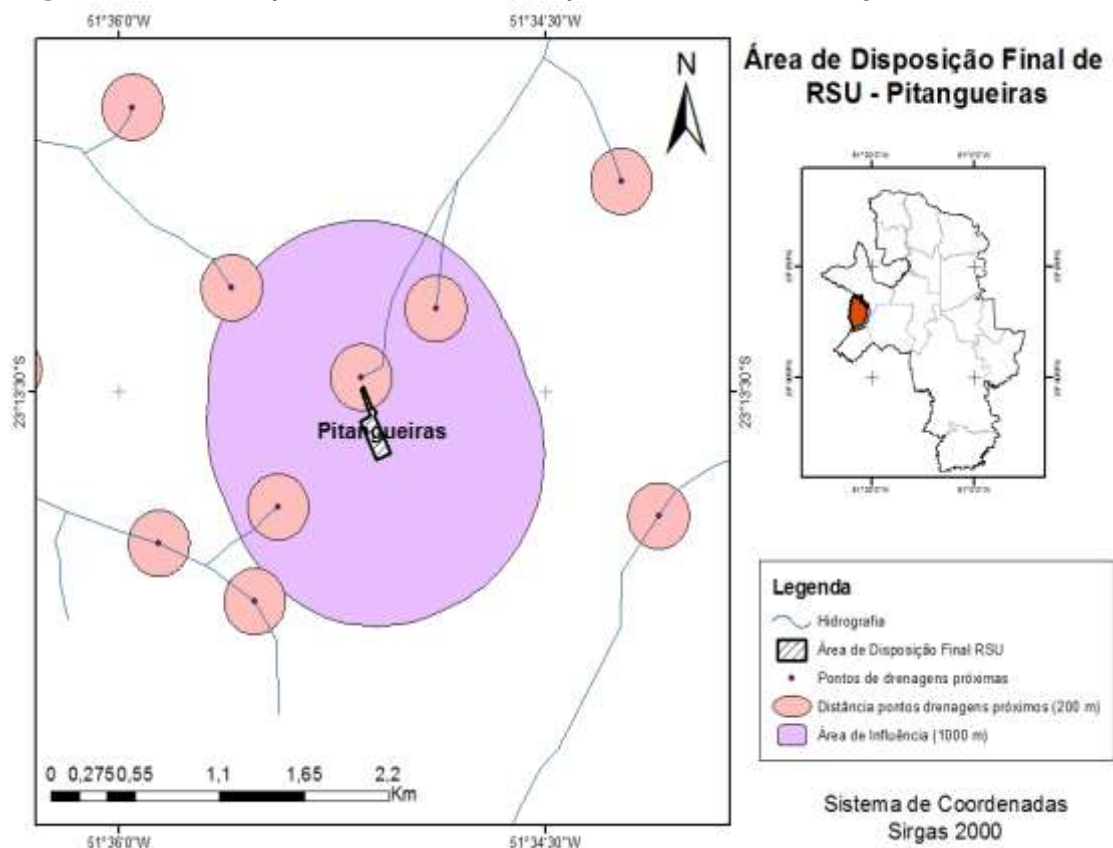
Fonte: Eiras (2015).

Figura 5 – Localização da área de disposição final RSU de Londrina - 2015



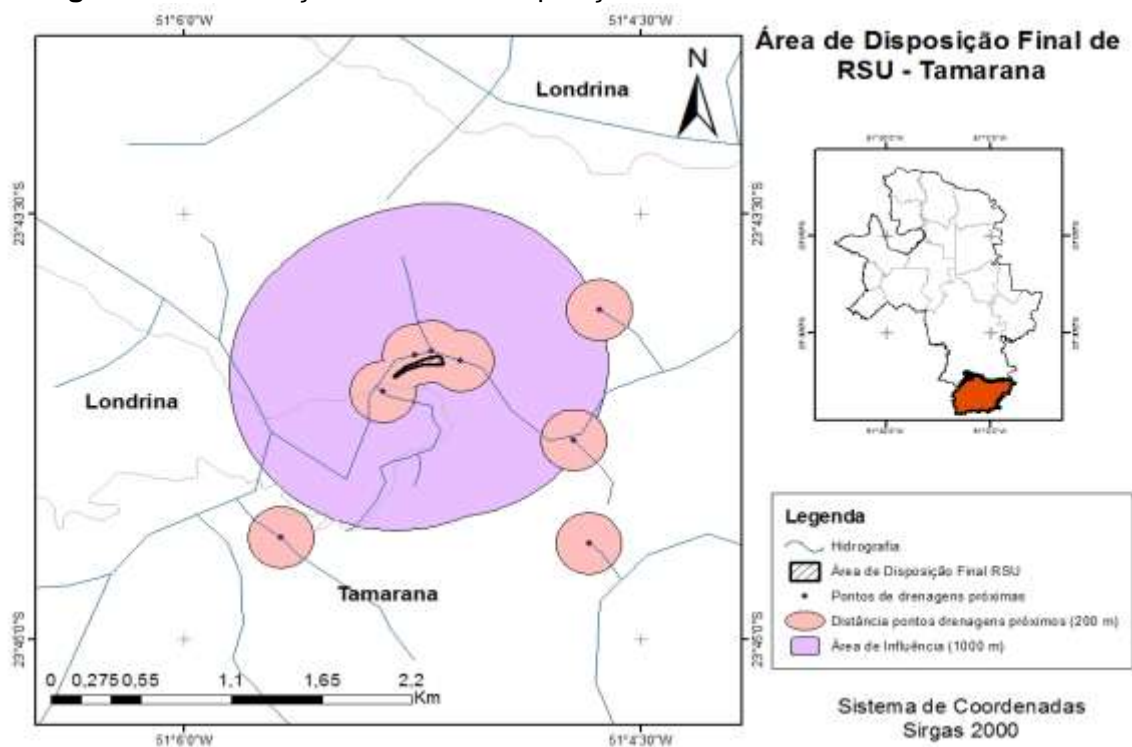
Fonte: Eiras (2015).

Figura 6 – Localização da área de disposição final RSU de Pitangueiras - 2015



Fonte: Eiras (2015).

Figura 7 – Localização da área de disposição final RSU de Tamarana – 2015

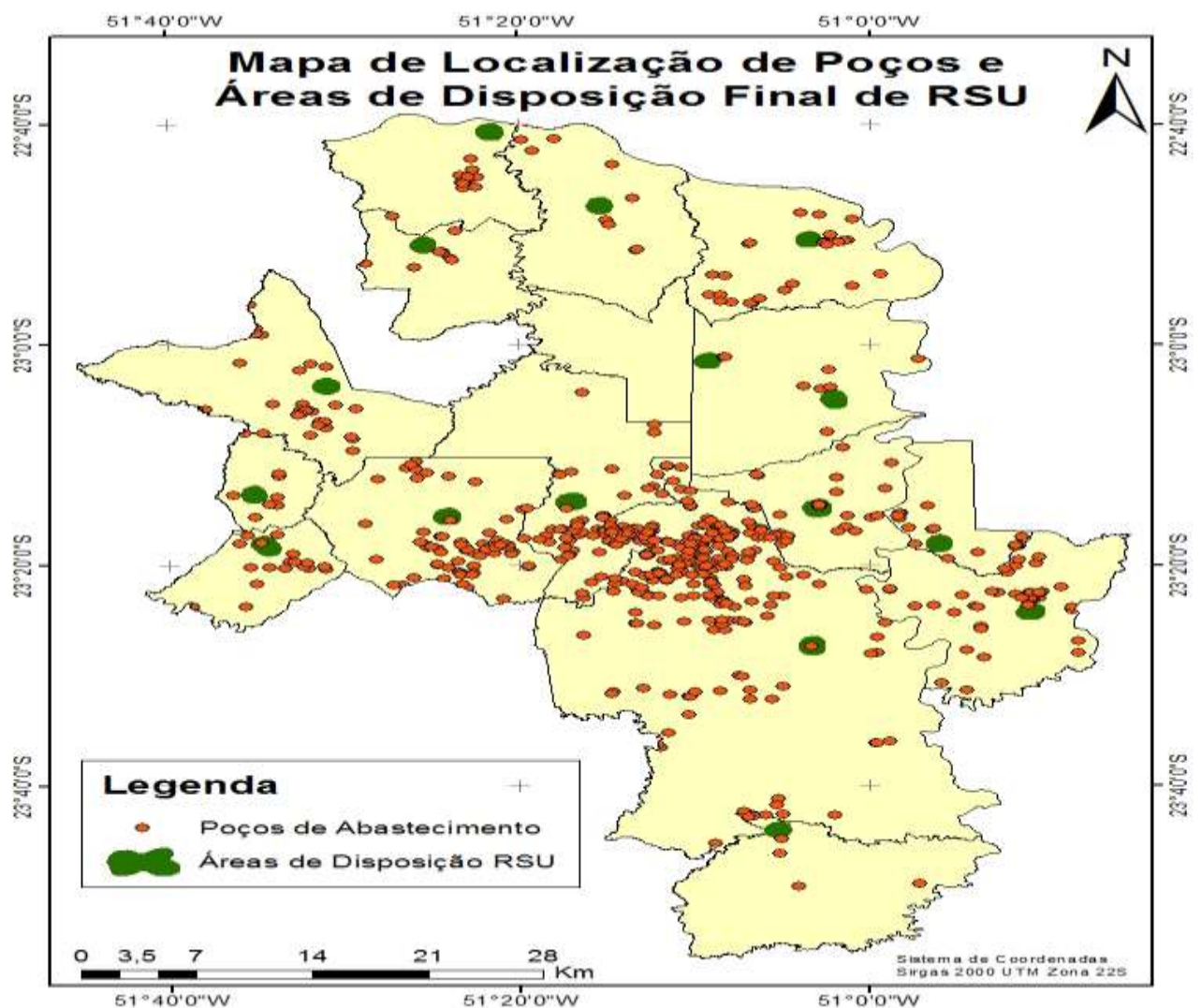


Fonte: Eiras (2015).

Distância dos locais de disposição final de RSU em relação a poços de abastecimento

O trabalho realizado por Eiras (2015) para a RML mapeou 666 poços tubulares profundos de abastecimento (Figura 8) com o auxílio do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), com ampla maioria perfurada no SASG. Percebe-se que o município com maior intensidade de utilização das águas subterrâneas para o abastecimento é Londrina.

Figura 8 – Localização espacial dos poços de abastecimento e áreas de disposição final de RSU de RML - 2015



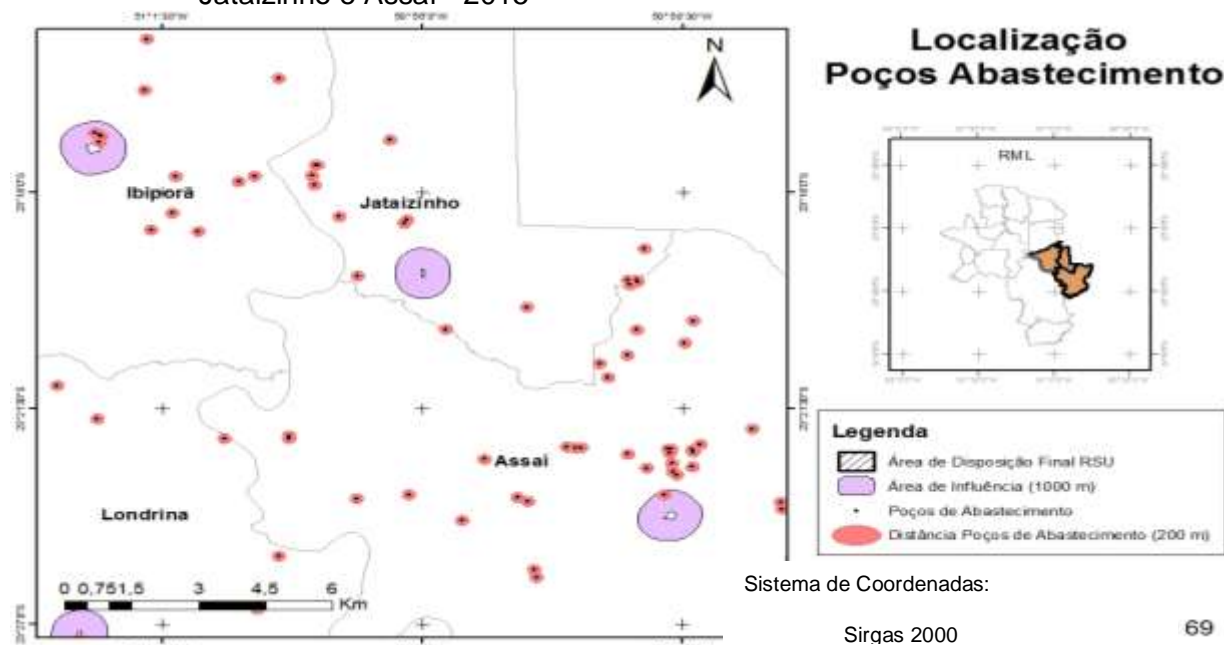
Fonte: Eiras (2015).

De acordo com os resultados da pesquisa supracitada, não foram encontrados poços de abastecimento nos municípios de Tamarana, Pitangueiras, Jaguapitã, Jataizinho, Porecatu, Alvorado do Sul, Florestópolis, Primeiro de Maio, Bela Vista do Paraíso,

Sertanópolis e Assaí, no raio de 200 metros, a partir do local de disposição final de RSU, garantindo o cumprimento da NBR 13.869 (ABNT, 1997).

Com relação aos municípios de Ibiporã (Figura 9), Sabáudia (Figura 10) e Londrina (Figura 11) observam-se poços localizados dentro da área de disposição final de RSU, infringindo o estabelecido pela NBR 13.869 (ABNT, 1997), que determina o distanciamento de 200 metros de aterros de resíduos a poços de abastecimento (EIRAS, 2015). É preciso ressaltar que os poços existentes nestes locais de disposição final têm por finalidade abastecer os aterros, ou seja, a água é utilizada pelos funcionários em suas atividades diárias e para consumo próprio.

Figura 9 – Localização dos poços de abastecimento nos municípios de Ibiporã, Jataizinho e Assaí - 2015

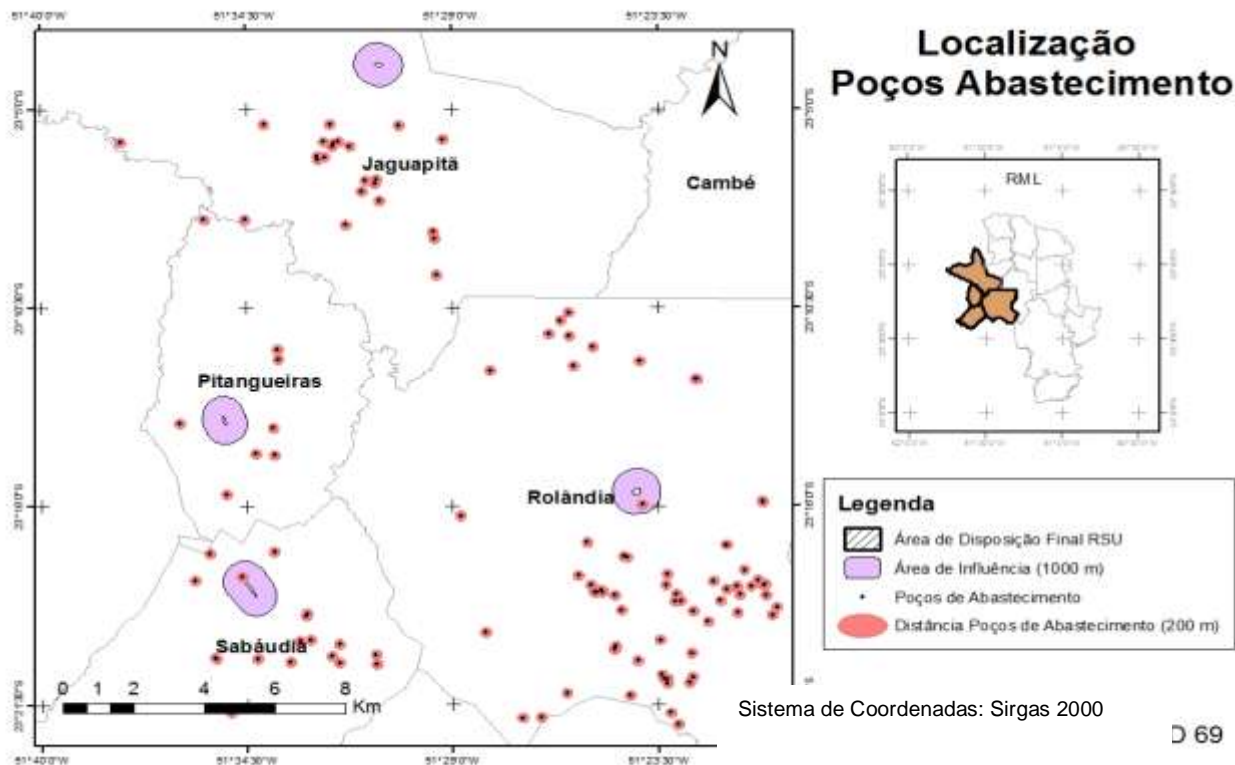


Fonte: Eiras (2015).

Nos aterros sanitários a NBR 13.869 (ABNT, 1997) determina a implantação de poços de monitoramento das águas subterrâneas, devendo ser constituído de no mínimo quatro poços, sendo um a montante e três à jusante no sentido do fluxo de escoamento preferencial do lençol freático, ressaltando que estes poços são perfurados até o lençol freático. Já os poços tubulares profundos perfuram até a rocha, tendo acesso ao manancial mais profundo, caso dos poços de abastecimento comentados no parágrafo anterior.

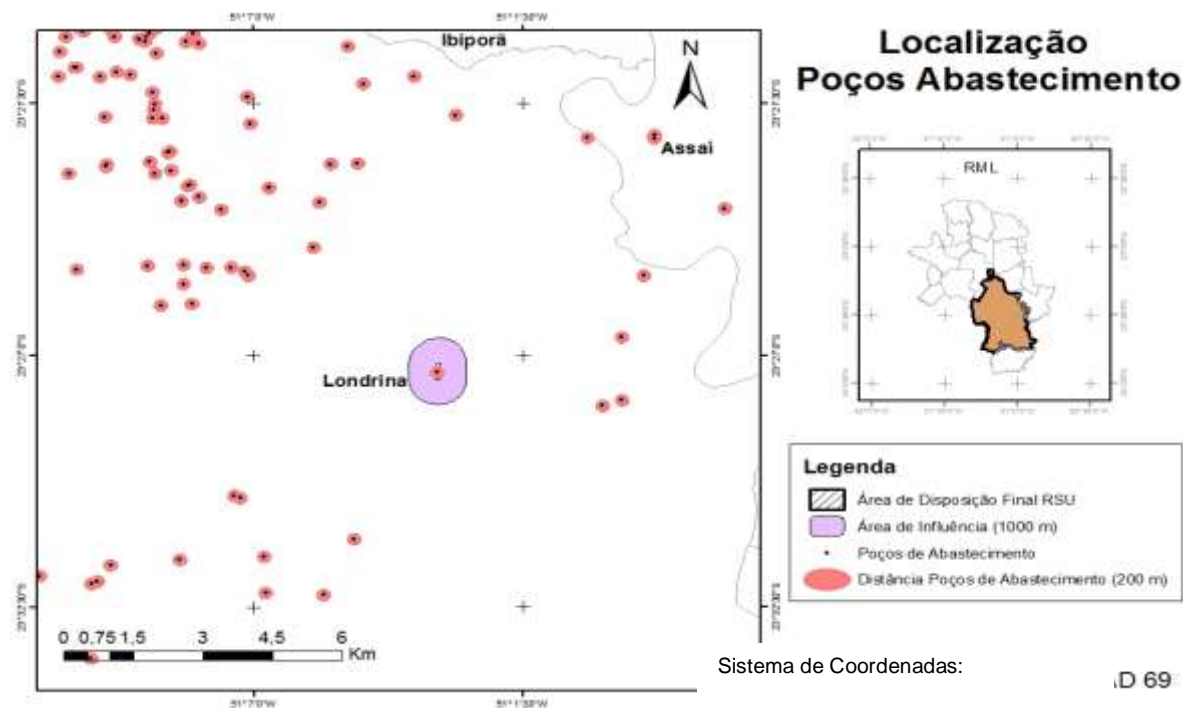
Nos municípios de Ibiporã, Rolândia, Cambé e Assaí, a presente pesquisa observou poços situados na área de influência do local de disposição de RSU, ou seja, encontrados a menos de 1000 metros destes locais e, para Cavalcanti et al. (2014), pode ser uma área de possíveis riscos a contaminação.

Figura 10 – Localização dos poços de abastecimento nos municípios de Jaguapitã, Pitangueiras, Rolândia e Sabáudia - 2015



Fonte: Eiras (2015).

Figura 11 – Localização dos poços de abastecimento - Município de Londrina - 2015



Fonte: Eiras (2015).

Risco de contaminação do SASG

A construção do mapa de risco de contaminação do SASG se deu com a utilização do índice RIQA, possibilitando a construção da matriz exibida na Tabela 1, obtida pela união do índice de vulnerabilidade GOD e das notas do IQR, formando a nova metodologia RIQA, que permite o cálculo do índice de risco de contaminação das águas subterrâneas (EIRAS, 2015). Construída a matriz exposta na Tabela 1, pode-se atribuir os pesos aos atributos nela descritos, de acordo com a Figura 02, assim obtendo a Tabela 2.

Tabela 1 - Condições para determinação da suscetibilidade do SASG à 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: Eiras (2015).

De acordo com Eiras (2015), com os pesos obtidos pela matriz demonstrada na Tabela 2, 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. A Figura 12 demonstra a configuração do mapa de risco de contaminação do SASG, fazendo uso da nova metodologia proposta, o RIQA, para a RML.

Os resultados da pesquisa realizada por Eiras (2015), por meio dos diversos parâmetros analisados, indicaram que 56,25% dos municípios pertencentes à RML configuram um risco de contaminação do SASG desprezível e 12,5% um risco baixo. Foi verificado em dois municípios da RML um risco alto de contaminação do SASG, sendo eles: Florestópolis e Sertanópolis. Outros três municípios apresentaram risco moderado: Alvorada do Sul, Bela Vista do Paraíso e Primeiro de Maio.

Tabela 2 – Matriz com os pesos atribuídos para determinação do 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: Eiras (2015).

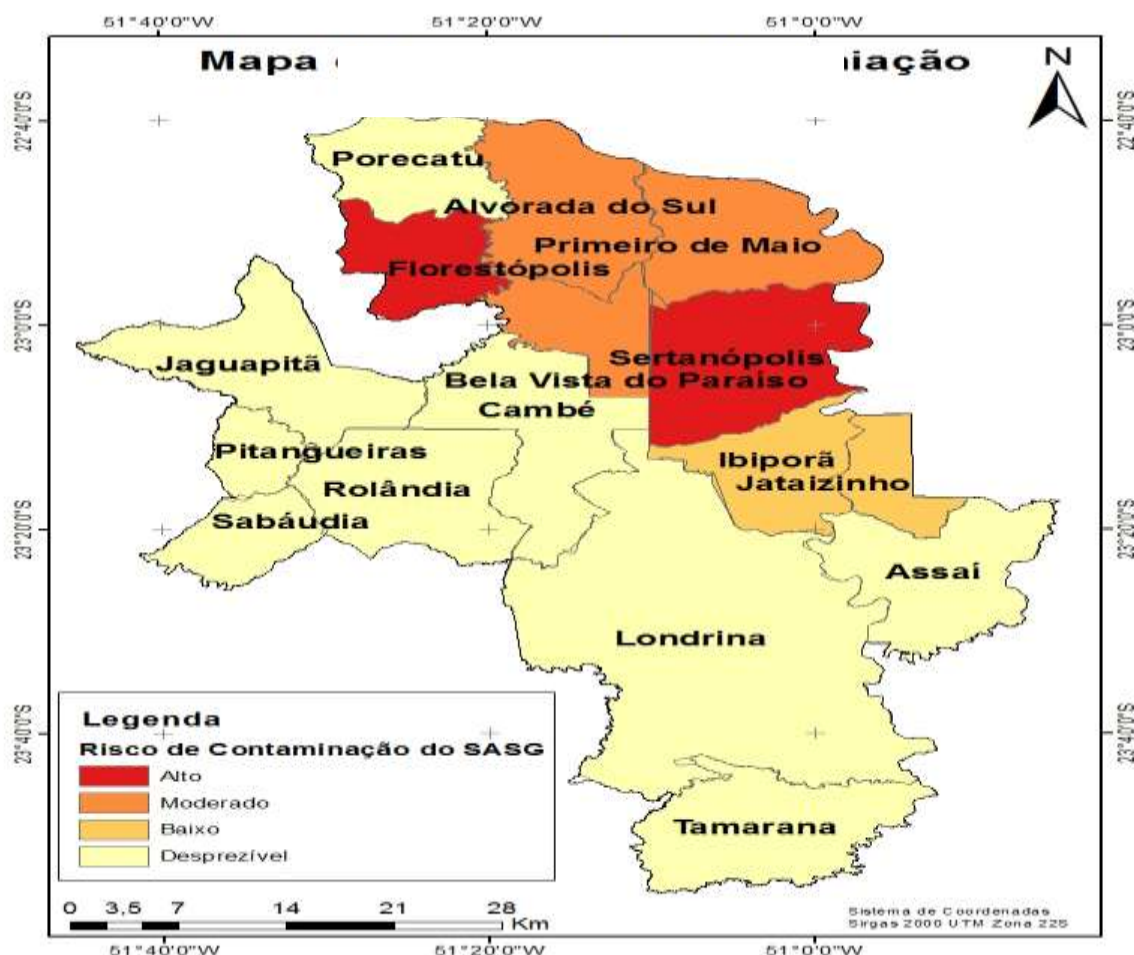
Os municípios que apresentam riscos de contaminação de moderado a alto dispõem seus RSU em áreas inadequadas (MELO; BARROS; FERNANDES, 2015), o que torna a situação muito mais complexa, devido ao grande potencial poluidor deste tipo de prática.

O estudo revelou a predominância de baixo risco de contaminação do SASG (EIRAS, 2015), contudo a construção de poços para abastecimento nas proximidades de áreas de disposição final de RSU é proibida por lei. Cabe ressaltar que este resultado está relacionado a uma condição natural favorável da RML, associada à condição hidráulica, fornecida pela conectividade hidráulica dos fraturamentos geológicos, que garante níveis profundos ao aquífero e, além disso, solos profundos e com predominância de textura argilosa.

A ocorrência deste baixo risco de contaminação na maioria dos municípios da RML (Figura 12) não significa que os aterros devem ser considerados completamente seguros e/ou construídos sem atender a critérios estabelecidos nas leis e normas federais e estaduais, bem como nas licenças ambientais concedidas pelos órgãos competentes.

Tampouco devem ser escolhidos como a única maneira de destinar os RSU dos municípios, mas devem estar associados a programas de educação ambiental, de coleta seletiva e compostagem, entre outros.

Figura 12 – Risco de contaminação do SASG na RML - 2015



Fonte: Eiras (2015).

Neste contexto, mesmo que a construção de aterros sanitários seja necessária ou de certa forma inevitável, há a necessidade de que estejam em locais apropriados, a fim de minimizar todos os impactos causados pela atividade, cumprindo os requisitos mínimos exigidos pelas normas, como por exemplo, a NBR 13.869 (ABNT, 1997).

Esta metodologia apresenta o risco do meio físico em função do tipo de solo, tipo do aquífero, nível freático e notas do IQR. O impacto efetivo só ocorrerá se não houver dispositivos de proteção ambiental no local de disposição final de resíduos. Esta combinação efetivamente ocorre nos municípios de Cambé, Pitangueiras, Sabáudia, Tamarana, Florestópolis e Sertãoópolis, como pode ser visualizado na Tabela 3.

Os municípios mencionados no parágrafo anterior apresentam risco de contaminação pelo fato de não haver dispositivos de proteção ambiental no local de disposição final de

resíduos, associado à proximidade de corpos hídricos superficiais (menos de 200 metros) como é o caso dos municípios de Cambé, Pitangueiras e Tamarana; e/ou proximidade de poços de abastecimento (menos de 200 metros), como é o caso do município de Sabáudia ou ainda, por apresentarem alto risco de contaminação do SASG, de acordo com os parâmetros já mencionados anteriormente, como ocorre com os municípios de Florestópolis e Sertanópolis.

Tabela 3 – Sensibilidade Ambiental do meio físico na RML – 2015

Municípios da RML	Proximidade de corpos hídricos superficiais (200 metros)	Proximidade de poços de abastecimento (200 metros)	Risco de Contaminação do SASG	Condição da área de disposição final conforme IQR
Alvorada do Sul			Moderado	Inadequadas
Assái	X		Desprezível	Adequadas
Bela Visto do Paraíso			Moderado	Inadequadas
Cambé	X		Desprezível	Inadequadas
Florestópolis			Alto	Inadequadas
Ibiporã		X	Baixo	Adequadas
Jaguapitã			Desprezível	Inadequadas
Jataizinho			Baixo	Inadequadas
Londrina	X	X	Desprezível	Adequadas
Pitangueiras	X		Desprezível	Inadequadas
Porecatu			Desprezível	Inadequadas
Primeiro de Maio			Moderado	Inadequadas
Sabáudia		X	Desprezível	Inadequadas
Rolândia			Desprezível	Adequadas
Sertanópolis			Alto	Inadequadas
Tamarana	X		Desprezível	Inadequadas

Fonte: Organizado por Melo (2015) a partir de: (EIRAS, 2015; MELO, 2015).

Neste sentido, faz-se necessário que a construção de aterros sanitários seja precedida de estudos geológicos e geotécnicos, para encontrar locais apropriados, a fim de minimizar os impactos causados pela atividade, cumprindo os requisitos exigidos pelas normas técnicas e ambientais para sua operação e futuro encerramento.

CONCLUSÕES

Por meio da presente pesquisa verificou-se que as áreas de disposição final de RSU dos municípios pertencentes à RML apresentam condições, em muitos casos, de total risco ao meio ambiente, promovendo a possível contaminação de corpos hídricos superficiais e águas subterrâneas.

A situação de risco ambiental proporcionada por estas áreas de disposição final de RSU da RML se agrava pelo fato de apenas uma minoria (25%) de municípios realizarem o aporte de RSU em sistemas chamados de aterros sanitários. Assim sendo, configura-se um cenário de não cumprimento ao estabelecido pela Lei 12.305/2010 que instituiu a Política

Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), onde previa as desativações dos lixões até o final do ano de 2014 (BRASIL, 2010).

As áreas de disposição final de RSU dos municípios pertencentes a RML, em sua maioria, são configuradas como lixões, além de alguns estarem instalados próximo ou até mesmo encima de corpos d'água superficiais, e mais de 31% dos aterros destes municípios estão alocados a menos de 200 metros de mananciais superficiais e quase 19% de poços de abastecimento. Esta situação pode proporcionar grande impacto, não somente para o meio ambiente, mas para a população que faz uso destas águas.

A presente pesquisa revelou a predominância de baixo risco de contaminação do SASG, onde 56,25% dos municípios configuram um risco de contaminação desprezível e 12,5% um risco baixo, em dois municípios um risco alto de contaminação do SASG, e outros três municípios apresentaram risco moderado. Este resultado está relacionado a condição natural favorável da RML, principalmente ligado ao contexto geológico, onde os basaltos garantem certa proteção natural, ou seja, asseguram níveis profundos ao aquífero.

Dessa forma, o impacto efetivo só ocorrerá se não houver mecanismos de proteção ambiental no local de disposição final de resíduos. Assim sendo, a construção de aterros sanitários deve ser realizada em locais apropriados, a fim de minimizar todos os impactos causados pela atividade, cumprindo os requisitos exigidos pelas normas de instalação e operação, pelas legislações e determinações dos órgãos ambientais competentes.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.869**: aterros de resíduos não perigosos: critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.
- BETIO, M. M.; SANTOS, M. M. Contaminação das águas subterrâneas por lixões desativados: avaliação da antiga área de disposição final de resíduos sólidos de Rolândia – PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 19., 2016, Campinas – SP., 2016. **Anais...** Campinas: ABAS, 2016. p. 1-20. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28753/18655>>. Acesso em: 1 dez. 2017.
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.aslaa.com.br/legislacoes/NBR%20n%2010004-2004.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2014.
- CAVALCANTI, M. 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.
- EIRAS, M. M. **Risco de contaminação de mananciais superficiais e do sistema Aquífero Serra Geral por aterros na região metropolitana de Londrina-Pr**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina.
- GUIGUER, N.; KOHNKE, M. W. Métodos para determinação da vulnerabilidade de aquíferos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, São

Paulo. **Anais Eletrônicos...** São Paulo: ABAS, 2002. p. 1-13. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22314/14657>>. Acesso em: 8 jun. 2017.

IBGE. **Censo demográfico de 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

MANOEL FILHO, J. Contaminação das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C. (Coord.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. p. 381-404.

MELO, A. C. A. de. **Gestão de resíduos sólidos urbanos na região metropolitana de Londrina-PR: possibilidades de soluções intermunicipais**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

MELO, A. C. A.; BARROS, M. V. F.; FERNANDES, F. Aterros de lixões na região metropolitana de Londrina-PR. In: ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA-EGAL. "Por una América Latina unida y sustentable", 15., 2015, Havana, Cuba. Havana: Palacio de Convenciones la Habana, Cuba, 2015. v. 1, p. 723-735.

NAKAMURA, C. Y. et al. Avaliação da qualidade da água subterrânea no entorno de um aterro sanitário. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 28-40, 2014.

PARANÁ. Casa Civil. Lei Complementar Estadual nº 81, de 17 de junho de 1998. Institui a Região Metropolitana de Londrina, constituída pelos municípios que especifica. **Diário Oficial**, Curitiba, n. 5272, 17 jun. 1998. Disponível em: <<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/>>. Acesso em: 10 março 2017.

SOUZA, C. M. A.; 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.

Recebido: julho de 2017.

Aceito: julho de 2018.