

PROJETO DE REMEDIAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA PELA DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE

Amanda Bueno de Lima

Acadêmica de Engenharia Ambiental da Universidade de Caxias do Sul

Email: ablima1@ucs.br

Jaqueline Bonatto

Docente de Engenharia Ambiental da Universidade de Caxias do Sul

Email: jbonatto4@ucs.br

Resumo. *O trabalho buscou propor um projeto de remediação de área degradada (PRAD) para uma área de disposição inadequada de resíduos no município de São José dos Ausentes. Através de realização de diagnóstico no local, o trabalho traz uma análise do histórico do lixão e sua situação nos dias de hoje, conduzindo a problemática a uma série de técnicas e alternativas atualmente utilizadas na recuperação de áreas degradadas. O principal resultado foi um projeto que apresenta as diretrizes necessárias para que os problemas causados pela disposição irregular no terreno sejam mitigados e corrigidos.*

Palavras-chave: Área degradada. Resíduos sólidos. Projeto de remediação.

1. INTRODUÇÃO

O consumo excessivo e produção acelerada de produtos atrelados à rápida obsolescência destes trouxeram diversas demandas no que diz respeito ao tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos. Além disso, as crescentes concentrações humanas nos centros urbanos trazem um aumento de volume na geração de resíduos, e com a diversificação de compostos sintéticos e

metálicos utilizados nos produtos, estes resíduos acabam tendo uma baixa degradabilidade, permanecendo assim no meio ambiente. Estas situações, quando não tratadas devidamente podem trazer danos ambientais e também riscos à saúde humana.

Mesmo com a implementação da Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981), e com a ampliação de uma legislação disciplinadora do uso ambiental, a destinação inadequada de resíduos sólidos urbanos está presente em todos os estados do Brasil. Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2015, “a disposição final de RSU apresenta sinais de evolução e aprimoramento, com a maioria dos resíduos coletados (58,7%) sendo encaminhados para aterros sanitários, que se constituem como unidades adequadas” (ABRELPE, 2015).

Porém, ainda segundo a ABRELPE (2015), no Brasil 17,2% dos resíduos urbanos vão parar em lixões. Esta situação representa um grave passivo ambiental com elevado potencial de poluição e vem provocando impactos ambientais irreversíveis na maioria dos municípios brasileiros. Somente no estado do Rio Grande do Sul no ano de 2015, 11,8% dos resíduos coletados foram destinados para lixões, o que representa um total de 971 toneladas por dia de resíduos sólidos urbanos. Diante disso, os municípios buscam como solução, a recuperação técnica, social e ambiental de áreas de depósitos inadequados

de resíduos sólidos urbanos, que segundo França e Ruaro (2008) é o principal fator antrópico afetando assim a qualidade do ar, do solo e das águas.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo propor a remediação de uma área degradada, por consequência da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, a qual localiza-se no município de São José do Ausentes, no distrito de Vila da Silveira, Rio Grande do Sul. No local, de 2005 a 2007, a prefeitura do município coletava os resíduos e os dispunha sem quaisquer tipos de critérios pois não havia contratação de uma empresa especializada na prestação de serviço de coleta, transporte e destino final dos resíduos. A quantidade estimada depositada no período é de 1.440,00 m³ os quais contemplam resíduos domésticos, orgânicos e recicláveis. Assim, este projeto busca indicar soluções ambiental e economicamente viáveis, a fim de atenuar os impactos ambientais causados à área, minimizar os possíveis riscos à saúde pública e regularizar a área conforme exigências da legislação vigente.

Para elaboração do projeto realizou-se o diagnóstico ambiental do local, através da caracterização da área, levantamento do histórico do passivo, a descrição da atual situação e as técnicas de remediação de áreas degradadas, e a partir disto definiu-se um método de remediação. Assim, foi realizado o dimensionamento das estruturas a serem implantadas que contempla um sistema de drenagem pluvial, drenagem de lixiviado e de gases, sistema de impermeabilização superior e cobertura vegetal, bombeamento e tratamento das águas subterrâneas contaminadas, tratamento do lixiviado e por fim, diretrizes para o monitoramento ambiental e geotécnico da área remediada.

2. DIAGNÓSTICO DA ÁREA

No diagnóstico serão apresentados os levantamentos de dados necessários para o desenvolvimento do projeto de remediação de área degradada pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos. Este levantamento levou em consideração dados históricos das atividades desenvolvidas no local, relatórios técnicos e informações disponíveis no plano municipal de gerenciamento de resíduos sólidos.

2.1 Caracterização e Histórico da área

A área a ser remediada está localizada no Distrito de Vila de Silveira, no município de São José dos Ausentes, no estado do Rio Grande do Sul, na região dos Campos de Cima da Serra. Segundo o IBGE (2015) possui uma extensão territorial de 1.174 km² e uma população de 3.483 pessoas no ano de 2016. Vila de Silveira é maior núcleo urbano depois da sede no município com uma população aproximada de 296 habitantes (IBGE, 2015).

O município dista 289 km da capital Porto Alegre, e as principais vias de acesso são a RS - 020 e a BR - 285, ficando na divisa entre o estado Rio Grande do Sul e Santa Catarina. O Índice de Desenvolvimento Humano - IDH é de 0,663 (IBGE, 2010).

A área objeto deste trabalho pertence à Prefeitura do município e está localizada na zona rural do mesmo, estando à aproximadamente 10 km da zona urbana. No entorno da área a vizinhança é caracterizada por agricultores sendo a principal atividade é o plantio de hortifrutigranjeiros, batata, couve flor e bovinocultura. Nas porções norte, leste e oeste da área existe o plantio de *Pinus elliottii* e ao sudeste existe a atividade de mineração, que pertence à prefeitura uma saibreira.

O abastecimento de água do município no ano de 2011 era 51,21% através de rede pública e 48,7% através de poço ou nascentes. Segundo dados Companhia Riograndense de

Saneamento – CORSAN, a área urbana do município é atendida em sua integralidade por redes de adução e distribuição de água potável. A Vila de Silveira é atendida através da captação de água de 2 (dois) poços tubulares (FCF Ambiental, 2013).

A área degradada foi utilizada como lixão, que segundo FEAM (2010) “*é uma forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos, caracterizada pela simples descarga sobre o solo, sem critérios técnicos e medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública*”, recebendo resíduos sólidos urbanos durante três anos, no período de 2005 a 2007. Não se teve acesso a informações com relação ao projeto de aterro no local nem de como se dava a operação de recebimento de resíduos durante este período de funcionamento.

Em consulta ao site da FEPAM e verificou-se a existência de processos referentes à área localizada na Estrada Geral da Silveira:

- Licença Prévia nº 493/2005 - DL - processo 11079-05.67/02-8;
- Licença de Operação nº 7724/2007 - DL - processo 6530-05.67/07-8;
- Licença de Operação nº 842/2017 - DL - processo 5139-05.67/16-1.

A licença prévia do aterro sanitário foi emitida em 2005 contendo as condições e as restrições a serem atendidas para obtenção de licença de instalação, porém não se teve acesso ao conteúdo desta LP, também não se verificou no site da FEPAM a existência de documentos complementares a este processo.

Em 2007, após denúncias de moradores vizinhos, a prefeitura municipal foi notificada pelo órgão ambiental pela disposição inadequada de resíduos sólidos. A partir de então encerrou-se a atividade de recebimento de resíduos no local e a prefeitura contratou uma empresa terceirizada especializada para coleta, transporte e disposição dos resíduos sólidos urbanos atendendo até hoje o município.

Na licença de operação nº 7.724/2007 - DL, consta a atividade de recuperação de área degradada por resíduos sólidos urbanos de uma vala com área de 874 m² a qual recebia os resíduos até o momento, porém não há evidências do cumprimento dos itens constantes nesta LO.

As Figuras de 1, 2 e 3 apresentam evidências da disposição dos resíduos sólidos ainda nos anos de 2012 e 2013, indicando o abandono da área, resíduos sem qualquer tipo de critério de aterramento, resíduos compostos por materiais recicláveis e/ou de difícil degradabilidade, madeira, pneu, além de resíduos perigosos como latas de tinta e resíduos eletrônicos além do não atendimento aos itens constante na LO.

Figura 1. Disposição nos resíduos como pneus e madeira



Fonte: AMBIATIVA (2012).

Figura 2. Vista da área abandonada



Fonte: Prefeitura São José do Ausentes (2013).

Figura 3. Resíduos perigosos como latas de tinta



Fonte: AMBIATIVA (2012).

Assim, o local de disposição dos resíduos ficou em regeneração natural por 9 (nove) anos, onde somente após nova notificação do órgão ambiental estadual, em julho de 2016 deu-se início ao processo de licenciamento para remediação do local junto à FEPAM e em fevereiro de 2017 foi emitida a Licença de Operação – N° 842/2017 – DL.

Após a notificação, ainda em 2016 foi realizado o cercamento e instalação de um portão de acesso com placa de identificação (Figura 4), a qual sinaliza que é vetada a entrada no local, por se tratar de uma área degradada em processo de recuperação.

Figura 4. Acesso ao local após instalação do portão



Fonte: Prefeitura São José do Ausentes (2016).

Neste mesmo período também foi realizado o recobrimento da massa de resíduos com uma camada 15 cm de espessura de solo natural do próprio local, conforme Figuras 5 e 6.

Figura 5. Vista do local após limpeza e recobrimento



Fonte: Prefeitura São José do Ausentes (2016).

Figura 6. Vista da área após cobertura com solo



Fonte: Prefeitura São José do Ausentes (2016).

Quanto à quantidade estimada de resíduos dispostos no local considerou-se a informação constante na Licença de Operação emitida em 2017, a qual traz um volume de 1.440 m³, este valor foi verificado por meio de sondagens realizadas na área.

Diante do exposto, no local observa-se como principais problemas ambientais, resíduos sólidos de baixa degradabilidade e expostos, resíduos dispostos ao solo sem impermeabilização de inferior e recobrimento na camada superior, ausência de drenos para

coleta e tratamento de lixiviados e ausência de dreno de biogás.

2.2 Caracterização Hidrogeológica e Pedológica

A região de São José do Ausentes possui um sistema de aquíferos com média a baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas com porosidade por fraturas. A área em questão, está inserida no Sistema Aquífero Serra Geral II, este sistema aquífero ocupa a parte oeste do Estado, os limites das rochas vulcânicas com o rio Uruguai e as litologias gonduânicas além da extensa área nordeste do planalto associada com os derrames da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral. Suas litologias são predominantemente riolitos, riodacitos e em menor proporção, basaltos fraturados. A capacidade específica é inferior a 0,5 m³/h.m, entretanto, excepcionalmente em áreas mais fraturadas ou com arenitos na base do sistema, podem ser encontrados valores superiores a 2 m³/h.m. As salinidades apresentam valores baixos, geralmente inferiores a 250 mg/L. Valores maiores de pH, salinidade e teores de sódio podem ser encontrados nas áreas influenciadas por descargas ascendentes do Sistema Aquífero Guarani (CPRM, 2005).

No local, há a ocorrência de Neossolos Litólicos, que segundo a EMBRAPA (2009), caracterizam-se por serem solos rasos a muito rasos, bem drenados, textura média com sequência de horizontes A-R, podendo apresentar saturação por bases baixa ou alta com ocorrência em relevo forte ondulado a montanhoso. Apresentam baixo teor de carbono orgânico no horizonte A e fases pedregosas e rochosas, ocorrem em áreas dessecadas e íngremes. São solos com relevo de forte ondulado a montanhoso e muitas vezes ocorrem afloramentos rochosos. São solos assentes diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material

com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões), que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo.

Segundo RIO GRANDE DO SUL (2017), o uso destes solos está restrito ao relevo e a baixa profundidade, exigindo práticas conservacionistas severas. Em geral as áreas de relevo suave ondulado e ondulado podem ser utilizadas para pastagens permanentes e nas regiões de relevo forte ondulado para reflorestamento e fruticultura. As áreas muito íngremes devem ser reservadas para preservação permanente.

2.3 Investigação Confirmatória

A etapa de investigação confirmatória encerra o processo de identificação de áreas contaminadas, tendo como objetivo principal confirmar ou não a existência de contaminação. A confirmação da contaminação em uma área dá-se basicamente pela tomada de amostras e análises de solo e/ou água subterrânea, em pontos estrategicamente posicionados. Em seguida, deve ser feita a interpretação dos resultados das análises realizadas nas amostras coletadas, pela comparação dos valores de concentração obtidos com os valores de concentração estabelecidos em listas de padrões, definidas pelo órgão responsável pelo gerenciamento de áreas contaminadas (CETESB, 2001).

Conforme ABNT (1997), além da coleta nos pontos onde ocorre a maior probabilidade de existência de contaminação, devem ser coletadas também amostras onde não ocorra a influência das fontes suspeitas identificadas, ou seja, onde ocorram valores naturais, para comparação. Por exemplo, para a coleta de águas subterrâneas recomenda-se no mínimo três pontos de amostragem nos locais

suspeitos de contaminação e um para determinação da qualidade natural dessas.

Desta forma, para a realização da investigação confirmatória deverão ser alocados quatro poços de monitoramento sendo um à montante e três à jusante da área de disposição dos resíduos. Para o projeto destes poços utilizou-se a Norma ABNT NBR 13.895 (1997).

Segundo ALVES (2012), aterros de resíduos sólidos constituem uma importante fonte de contaminação de águas subterrâneas. Ainda que existam diversos casos de contaminação decorrentes da má operação de aterros sanitários, esse impacto tende a apresentar maior magnitude em associação a vazadouros a céu aberto ou lixões, uma vez que esses dispositivos são instalados sem qualquer conhecimento hidrogeológico local e sem quaisquer medidas que impeçam a chegada do lixiviado às águas subterrâneas.

A presença do lixiviado é de longe a mais significativa ameaça para as águas subterrâneas, uma vez que ele pode alcançar as camadas mais profundas dos aterros. O lixiviado também pode ter um fluxo de escoamento lateral para um determinado ponto onde é descarregado para a superfície como uma infiltração, ou move-se através da base do aterro em direção a sub-superfície. Dependendo da natureza destas formações e da ausência do sistema de coleta do lixiviado, este tem sido associado diretamente à contaminação dos aquíferos abaixo da linha do aterro, tornando-se alvo de extensas investigações há quatro décadas (ZANONI, 1972 apud LIMA, 2003).

Segundo Araújo (1996, apud LIMA, 2003) nos EUA, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) realizou o cadastramento das principais fontes de contaminação dos recursos hídricos. Dentre as várias fontes de contaminantes, os lixões municipais constituem fonte poluidora das águas subterrâneas em mais de 35 estados

americanos, sendo que em 15 estados a contaminação é considerada grave.

Diante do exposto e devido à ausência de sistemas de impermeabilização inferior e superior no local bem como de drenagem de lixiviados, permitindo a infiltração de águas provenientes das precipitações na massa de resíduos e de qualquer relato de operação correta no aterramento dos resíduos no local, considerou-se que após coleta e análises das águas subterrâneas as mesmas apresentaram contaminação do lençol freático pela percolação dos lixiviados gerados durante o período de funcionamento do local. Cabe ressaltar ainda, que durante 9 anos o local permaneceu abandonado sem qualquer tipo de monitoramento ou controle dos gases e de lixiviados.

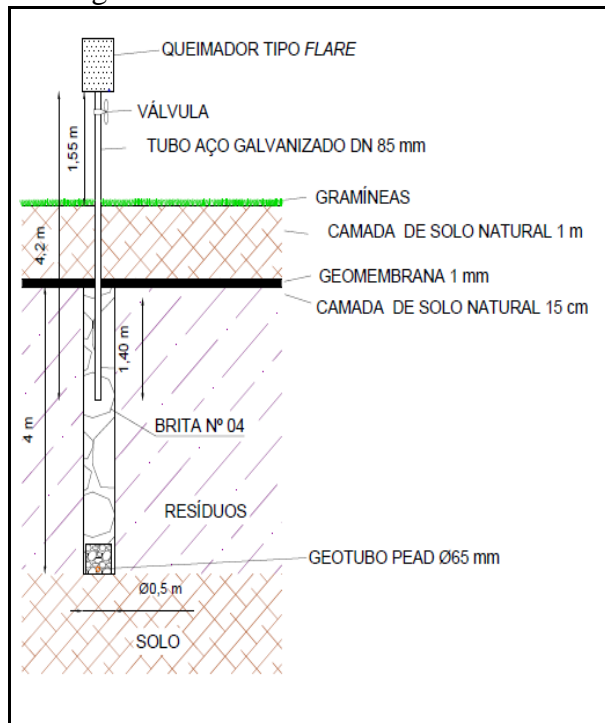
3. TÉCNICAS ADOTADAS PARA REMEDIAÇÃO

Para a remediação propõe a utilização de várias técnicas associadas, as quais buscam minimizar os possíveis impactos que a área degradada possa trazer ao meio ambiente, além de minimizar os danos já ocorridos no local. Para fins deste projeto considerou-se principalmente a localização e situação da área, custos de implantação, operação e manutenção e tempo de encerramento do recebimento de resíduos sólidos urbanos.

Para mitigação dos gases ainda ocorrentes no local, deverá ser implantado um sistema de drenagem dos gases, com drenos verticais para a coleta e transporte até a superfície e queimadores de gás do tipo *flare*. Deverá ser instalado um dreno vertical com diâmetro de 50 centímetros e em conformação circular. O material de preenchimento do dreno deverá ser pedra brita n°5, e a localização deverá ser no ponto mais alto do aterro. O dreno de gases deve se interligar com os drenos de lixiviado e a profundidade adotada é a mesma de

instalação dos drenos de lixiviado, 4 metros, conforme Figura 7.

Figura 7. Detalhamento Dreno de Gás



Fonte: O Autor (2017).

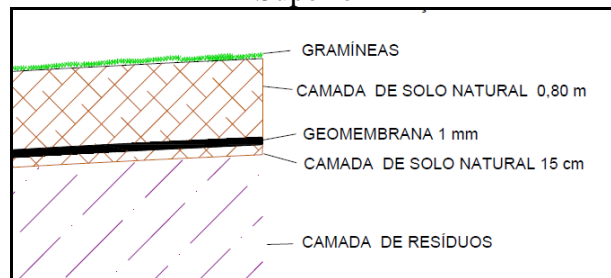
Quanto à massa de resíduos no local, optou-se pela implantação de um sistema de impermeabilização superior que, conforme Reichert (2007) objetiva: minimizar a infiltração da água da chuva para dentro do aterro, promover uma boa drenagem superficial, resistir à erosão, restringir a migração do biogás ou melhorar a sua recuperação energética, separar os resíduos dos vetores como animais, insetos e roedores, melhorar o aspecto estético e paisagístico e minimizar a manutenção de longo prazo.

Neste sentido, para garantir que não ocorra infiltração de água no maciço de resíduos, deverá ser instalada uma geomembrana de PEAD (polietileno de alta densidade) de 1 mm de espessura sobre toda a extensão da área de estudo. Acima da geomembrana deverá ser colocada uma camada de 80 cm de solo natural. O solo deverá ser proveniente de áreas adjacente à

área do aterro, devido ao solo local apresentar boas características orgânicas.

Acima da camada de solo deverá ser implantada uma camada de cobertura vegetal de gramíneas da espécie São Carlos, objetivando principalmente evitar a erosão e ressecamento da superfície e favorecer o escoamento superficial, garantindo a estanqueidade do sistema, conforme Figura 8.

Figura 8. Sistema de Impermeabilização Superior

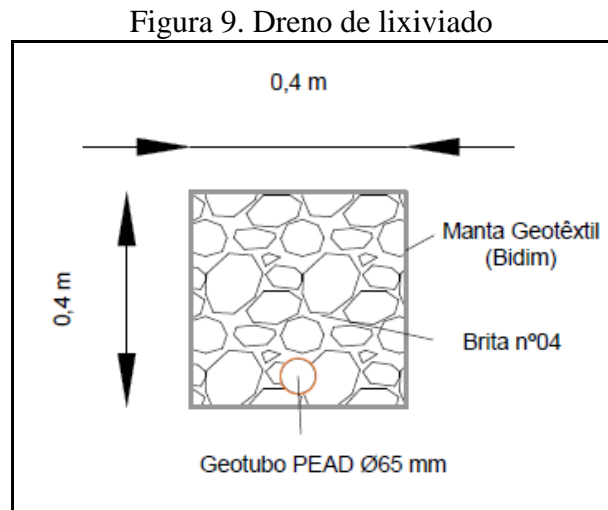


Fonte: O Autor (2017).

Além da impermeabilização superior, deverá ser instalada uma rede de drenagem superficial por todo o perímetro da massa de resíduos e acima da camada de impermeabilização, esta medida de acordo com IPT/CEMPRE (2000) tem por finalidade interceptar e desviar o escoamento superficial das águas pluviais além de evitar a ocorrência de erosões nos taludes. O sistema de drenagem de águas pluviais deverá ser construído de tubos meia cana de concreto com 600 mm de diâmetro por todo o perímetro da área degradada. O volume de água drenado deverá ser direcionado para fora da massa de resíduos. Neste mesmo sistema, deverão ser instaladas caixas de passagens para reduzir a velocidade do fluxo de água.

Para drenagem do lixiviado gerado atualmente na área deverão ser instalados drenos através da abertura de trincheiras a 4 metros de profundidade. Segundo Reichert (2007), o sistema de drenagem tem por objetivo coletar e remover o mais rapidamente possível os lixiviados gerados do interior de

um aterro. Estes drenos deverão ter conformação quadrada de 0,4 m com brita nº 4 como meio drenante e uma tubulação interna de geotubo de PEAD DN 65, envoltos por uma manta geotêxtil permeável Bidim RT, conforme Figura 9. O lixiviado drenado deverá ser armazenado em um tanque de 15.000 m³ e posteriormente ser encaminhado para tratamento externo.



Fonte: O Autor (2017).

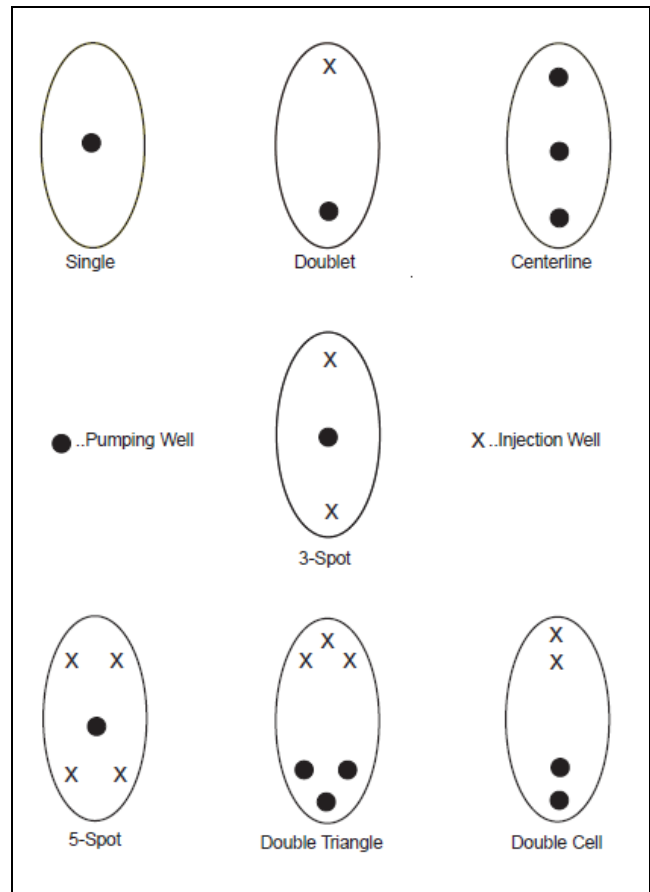
Salienta-se que este projeto não prevê a remoção dos resíduos e do solo contaminado, pois segundo BOSCOV (2008), a remoção e tratamento do solo só é indicada quando os contaminantes ainda não atingiram o nível freático.

Além disso, conforme verificado no diagnóstico, o local possui um solo raso e com fragmentos de rocha assentado diretamente no horizonte C, dificultando tecnicamente a remoção total deste tipo de solo por suas características rochosas. Portanto optou-se pelo emprego da técnica de bombeamento e tratamento (*pump and treat*) para remoção dos contaminantes da zona saturada.

Satkin and Bedient (1988, apud USEPA, 1996) utilizaram modelos matemáticos para avaliar a eficácia de sete configurações padrão de poços de bombeamento e tratamento, apresentados na Figura 10. Segundo este

estudo, o menos efetivo seria o padrão *5-Spot*. Para o presente projeto, devido a existência dos piezômetros instalados na etapa de investigação confirmatória, optou-se pela configuração *Doublet*, ou seja, um poço à montante para bombeamento e extração da água subterrânea contaminada e outro à jusante para a injeção da água após o seu tratamento.

Figura 10. Configurações padrão de sistemas de bombeamento e tratamento



Fonte: USEPA (1996).

O tratamento das águas subterrâneas contaminadas deverá ser realizado com a utilização de reagente Fenton. O sistema de tratamento deverá ser composto por um tanque reator de 1,7 m³ e dois leitos de secagem. O bombeamento deverá ocorrer de segunda a quinta 8 horas por dia, e a vazão de projeto é de 0,32 m³/dia. Para que ocorra a reação de

Fenton as dosagens de dos reagentes deverão seguir conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Dosagem de reagente a ser utilizada

Processo	Reagente	Dosagem
Ajuste de pH	H ₂ SO ₄	Até alcançar pH 3-4
Oxidação	H ₂ O ₂	1 g H ₂ O ₂ /2 g DQO
Oxidação	FeSO ₄	3 g Fe ²⁺ /1 g H ₂ O ₂
Neutralização	Ca(OH) ₂	Até alcançar pH 7

Fonte: O Autor (2017).

Por fim, para a verificar a eficiência das tecnologias aplicadas, deverá ser instalado um sistema de monitoramento geotécnico e ambiental, composto por piezômetros e marcos superficiais

O monitoramento geotécnico e ambiental tem função de fornecer informações para o controle, respectivamente, da estabilidade estrutural e do impacto ambiental de um aterro de resíduos. É também útil para o avanço do conhecimento sobre o comportamento geotécnico e ambiental dos resíduos e dos materiais utilizados na construção dos diversos sistemas componentes do aterro de resíduos.

Além disso, o monitoramento ambiental em obras de remediação visa verificar a eficiência da solução de remediação adotada. Este é desenvolvido para cada caso, pois decorre principalmente do diagnóstico da contaminação. Os elementos do monitoramento, porém, não diferenciam dos de monitoramento de aterros sanitários, sendo basicamente coleta de amostras e realização de análises químicas (BOSCOV, 2008).

Portanto, deverá ocorrer o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas e dos recalques verticais. Para a área em questão propõe-se o mesmo ocorra em duas etapas, uma durante o processo de remediação, o qual deverá ter uma duração de 8 meses e a outra

após o seu término. Utilizou-se a NBR 15.849 (2010) e o indicado por Reichert (2007) para definição dos parâmetros a serem monitorados bem como a periodicidade, os quais estão apresentados no Tabela 2. Mensalmente deverá ser monitorado visualmente a área para verificação de recalques ou formação de bolsões de gases.

Tabela 2. Monitoramento da área degradada

Monitoramento durante a remediação		
Meio	Periodicidade de	Parâmetros
Águas subterrâneas contaminadas e tratadas	diária	pH, nível de água, temperatura, condutividade e
Águas subterrâneas contaminadas	mensal	OD, Al, Mg, Fe, Mn, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, P, DQO, DBO e Nitratos.
Águas subterrâneas após o tratamento		
Gases	mensal	CH ₄ , CO ₂ , N ₂ , O ₂
Monitoramento após a remediação		
Águas subterrâneas	quadrimestral	pH, condutividade e, temperatura, nível de água OD, Al, Mg, Fe, Mn, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, P, DQO, DBO e Nitratos.
Gases	semestral	CH ₄ , CO ₂ , N ₂ , O ₂

Fonte: O Autor (2017).

4. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Para análise de viabilidade econômica deste projeto, foram propostos três cenários e calculou-se os custos de implantação e monitoramento dos mesmos.

4.1 Cenário 1 – Projeto de remediação de área degradada

Para a análise deste cenário considerou-se o projeto proposto no Item 3 com o objetivo de remediar um lixão no município de São José dos Ausentes.

O custo total de implantação calculado para este projeto é de R\$ 99.559,54. O custo de operação, manutenção e monitoramento no primeiro ano, ou seja, durante a remediação é de R\$ 112.972,86. E por fim, o custo de monitoramento após a remediação é de R\$ 1.772,50 por ano. Desta forma o saldo final em VPL (Valor Presente Líquido) apresentado para este cenário é de R\$ 234.955,93.

4.2 Cenário 2 – Remoção total dos resíduos, transporte e destinação para aterro licenciado

Para análise deste cenário considerou-se a remoção total dos resíduos mais 20% de solo contaminado, transporte e destinação final para um aterro sanitário licenciado para recebimento destes resíduos. Levou-se em consideração também a utilização de uma retroescavadeira para a remoção dos resíduos e preenchimento da vala. O aterro mais próximo que está e licenciado para recebimento destes resíduos está localizado no município de Terra de Areia, distando cerca de 190 km de São José dos Ausentes.

Para estimativa da quantidade de resíduos em toneladas considerou-se uma densidade dos resíduos de 0,7 t/m³. Considerando que conforme diagnóstico realizado, a área possui

um volume de resíduos de 1.440 m³ tem-se 1.008 toneladas de resíduos mais 20% de solo contaminado, totalizando 1.209,06 toneladas de resíduos a serem enviadas. Quanto ao transporte, considerou-se um máximo de 12 toneladas por viagem, totalizando 100 viagens de ida e volta de São José dos Ausentes até Terra de Areia.

Em consulta ao aterro para o recebimento dos resíduos em Terra de Areia, o valor informado foi de R\$ 95,00 por tonelada. Considerando um valor de frete de R\$ 950,00 por frete, tem-se o custo total de implantação deste cenário seria de R\$ 230.841,21.

Quanto à contaminação da água subterrânea, propõe-se a utilização da técnica de atenuação natural monitorada, devendo o empreendimento realizar um monitoramento da contaminação. Assim para este cenário considerou-se uma periodicidade trimestral de coleta e análise das águas subterrâneas no primeiro ano e nos anos seguintes anual. Portanto o custo de monitoramento deste cenário é de R\$ 1.480,00 no primeiro ano e R\$ 1.190,00 nos anos seguintes. Desta forma o saldo final em VPL (Valor Presente Líquido) apresentado para este cenário é de R\$ 249.116,44.

4.3 Cenário 3 – Projeto de remediação de área degradada sem descontaminação da água subterrânea

Para a análise deste cenário considerou-se todos os itens do projeto proposto exceto a descontaminação das águas subterrâneas, ou seja, exceto o sistema de *pump and treat* e propondo a aplicação do método de atenuação natural monitorada.

O custo total de implantação calculado para este cenário é de R\$ 83.953,36. O custo de operação e monitoramento deste cenário levou em consideração o envio e transporte de lixiviado para tratamento externo e uma periodicidade trimestral de coleta e análises de

água subterrânea no primeiro ano e nos anos seguintes uma periodicidade anual. Portanto no primeiro ano este custo é de R\$ 44.452,5. E o custo de monitoramento nos anos seguintes é de R\$ 1.350,00 por ano.

Desta forma o saldo final em VPL (Valor Presente Líquido) apresentado para este cenário é de R\$ 146.458,02.

4.4. Considerações finais sobre a análise de viabilidade

Para comparação dos três cenários propostos, considerando que o empreendimento não tem receitas de valores significativos, apenas a possível venda do terreno, mas que ainda assim é um valor baixo quando comparado aos custos, foram analisados somente o saldo de caixa final dos cenários.

Através deste critério, o Cenário 3 seria o mais viável economicamente, ou seja, com menor custo total seguido do Cenário 1. O Cenário 2 apresentou o maior custo total, porém não apresentou valores muito distantes do Cenário 1.

Cabe ressaltar que embora o Cenário 3 seja o mais viável economicamente, este apresenta riscos sociais e ambientais, principalmente no que tange a saúde pública. Pois este cenário considera a remediação através da atenuação natural monitorada, a qual possui como principal desvantagem a necessidade de demonstração de que o processo é viável e seguro ao longo do tempo.

Além disso, o abastecimento de água do distrito Vila de Silveira dá-se através de poços tubulares, sendo que, segundo o Plano de Saneamento Básico de São José dos Ausentes (2013), um desses poços está localizado em um nível topográfico mais baixo que a maior parte do núcleo urbano, o que pode acarretar na contaminação dessas águas por fluxos subterrâneos (fraturas) ou pelo horizonte freático e conseqüentemente, colocando em

risco a saúde pública da população que vive neste distrito.

Para o Cenário 2 observa-se a mesma questão abordada com relação ao Cenário 3, visto que o mesmo não prevê a descontaminação das águas subterrâneas, podendo afetar a qualidade da água subterrânea de áreas adjacentes. Além disso, este foi o cenário que apresentou maior custo de implantação dentre os três.

O Cenário 1, não foi o que apresentou menor custo, porém dentre os propostos é o que apresenta maior viabilidade técnica e ambiental, pois estabelece menores riscos e condições de propagação da contaminação gerada pelo lixão além da descontaminação das águas subterrâneas. Economicamente apresentada um custo de operação maior que o de implantação, o que já se esperava se tratando de um sistema *pump and treat*, ainda assim não percebe-se como sendo um projeto inviável de execução.

Agradecimentos

Agradecimento à Universidade de Caxias do Sul.

5. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE; 2015. Anual. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: 22 março 2017.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR n°13.895/1997** – Construção de poços de monitoramento e amostragem. ABNT. Rio de Janeiro: 1997.

ALVES, Carlos Frederico de Castro. **Geoquímica das águas subterrâneas**

de um aterro de resíduos sólidos em Araras, SP. 2012. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Hidrogeologia e Meio Ambiente, Usp, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44138/tde-28022013-100554/pt-br.php>>. Acesso em: 29 maio 2017.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. **Institui a Política Nacional de Meio Ambiente; e dá outras providências.**

BOSCOV, Maria Eugenia Gimenez. **Geotecnia Ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 247 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 01 março. 2017.

CEMPRE. **Lixo Municipal:** Manual de Gerenciamento Integrado. 3. ed. São Paulo: Cempre, 2010.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas.** Governo do Estado de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente. 2ª Edição. São Paulo, SP. 2001.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul.** 2005. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_hidrogeologico_RS.pdf>. Acesso em: 14 de março de 2017.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de classificação de solos.** Brasília, 2009.

LIMA, José da Silva. **AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO DO LIXÃO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DA ALDEIA -RJ.** 2003. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Uerj, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2003/PEAMB2003JLima.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2017.

FRANÇA, Rosiléa Garcia; RUARO, Édina Cristina Rodrigues. **Diagnóstico da disposição final dos resíduos sólidos urbanos na região da Associação dos Municípios do Alto Irani (AMAI),** Santa Catarina. Ciência & Saúde Coletiva, Chapecó, p.01-05, 29 out. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232009000600026>. Acesso em: 17 mar. 2017.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Caderno Técnico de Reabilitação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos.** Belo Horizonte, MG. 2010. Disponível em: <http://www.minasemlixoes.org.br/wp-content/uploads/2010/11/Areas_degradadas1.pdf>. Acesso em: 18 de março de 2017.

REICHERT, Geraldo Antônio. **Projeto, Operação e Manutenção de Aterros Sanitários.** Porto Alegre, 2007. 117 p.

_____. **Tipos de Solos:** Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul. 2017. Disponível em: <<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/solos>>. Acesso em: 30 jul. 2017.