

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

**AVALIAÇÃO E REMEDIAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E
CONTAMINADAS: TÉCNICAS APLICÁVEIS¹**
**EVALUATION AND REMEDIATION OF DEGRADED AND CONTAMINATED
AREAS: APPLICABLE TECHNIQUES**

**Angélica Monique Boehm², Jordana Rambo Hammarstron³, Raieli Rubin⁴,
Tanise Ferrari Agnoletto⁵, Joice Viviane De Oliveira⁶**

¹ Projeto de iniciação científica realizado no curso de graduação em engenharia civil da Unijuí

² Aluno do curso de graduação em engenharia civil da Unijuí

³ Aluno do curso de graduação em engenharia civil da Unijuí

⁴ Aluno do curso de graduação em engenharia civil da Unijuí

⁵ Aluno do curso de graduação em engenharia civil da Unijuí

⁶ Professora Mestre do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Unijuí

1. INTRODUÇÃO

A disposição inadequada de resíduos sólidos no meio ambiente está se tornando um dos principais responsáveis pela contaminação e degradação do solo e dos recursos hídricos. A demanda pela recuperação destas áreas ambientais degradadas está se tornando uma prioridade, tendo em vista os graves efeitos que estão sendo sentidos pelo homem (DIAS, 2003).

Os resíduos produzidos pelo homem estão sendo descartados em aterros sanitários e em lixões, onde essas áreas degradadas precisam ser recuperadas e remediadas. O presente artigo visa pesquisar e demonstrar opções para a restauração e remediação dessas áreas, aplicáveis a áreas de disposição de resíduos sólidos (RS).

2. METODOLOGIA

O referencial teórico é a base que sustenta o artigo, para conhecer o que foi desenvolvido por outros pesquisadores, sendo que o estudo de literatura contribui para a definição da temática. A metodologia desenvolvida apresenta-se através de uma revisão de literatura, em que é possível avaliar o conhecimento produzido em pesquisas prévias, destacando conceitos, procedimentos, resultados, discussões e conclusões relevantes, impulsionando o aprendizado e o amadurecimento na área de estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme Dias (2003), os resíduos sólidos que não podem ser reciclados devem ter disposição final sanitária e ambiental adequada e que possibilite proporcionar distribuição ordenada dos rejeitos em aterros, observando as normas operacionais específicas de modo que possa evitar danos e riscos à saúde pública e segurança de forma a minimizar aspectos ambientais adversos. Em relação as formas de disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU), cita-se duas formas consideradas: o lixão e o aterro sanitário.

O lixão consiste em uma forma inadequada e ilegal, segundo a legislação brasileira, de disposição de RSU, caracterizado pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. Não há preparação prévia do solo e inexistente um sistema de tratamento sobre o chorume. Essa deficiência permite a contaminação do solo e do lençol freático, por meio da percolação do referido líquido. O lixo, despejado a céu aberto, proporciona o

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

aparecimento de mosquitos, baratas, ratos, entre outros vetores, responsáveis por doenças como diarreias infecciosas, leptospirose, entre outros (SILVA, 2011).

Já o aterro sanitário é definido pela NBR 8419 (1992) como a disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de solo na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

Trata-se de um método de disposição final de resíduos sólidos, baseado em técnicas sanitárias de impermeabilização do solo, compactação e cobertura diária das células de lixo, coleta e tratamento de gases e chorume. Em um aterro sanitário, devem ser previstos planos de monitoramento ambiental e geotécnico, bem como sistemas de drenagem superficial das águas de chuva (SILVA, 2011).

As áreas onde são implantadas essas formas de disposição de resíduos, especialmente os lixões, acabam sendo degradadas e contaminadas. Esses dois conceitos são comumente interpretados com o mesmo significado, porém áreas contaminadas e degradadas possuem algumas características que as distinguem.

Áreas contaminadas são definidas, conforme o Ministério do Meio Ambiente, como sendo área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria com presença de elevadas concentrações de qualquer substância prejudicial à saúde do ser humano, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger. Essas substâncias prejudicam a utilização dessa área tanto no tempo presente quanto no futuro.

Por outro lado o Decreto Federal 97.632/89 determina que degradação ambiental é “os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais”. As áreas degradadas, portanto, englobam as áreas contaminadas, porém sua definição se expande, incluindo também áreas de desmatamento, exploração do solo e outras situações que não necessariamente prejudiquem a saúde humana, mas que afetem a capacidade de o meio ambiente recuperar-se por conta própria, sendo assim necessária a intervenção humana, através de meios de remediação e recuperação dessas áreas.

Recuperação de áreas degradadas

Em uma área degradada podem ser realizadas ações com objetivo de recuperar sua integridade física, química e biológica (EMBRAPA, 2017). A Instrução Normativa ICMBIO nº 11, de 11 de dezembro de 2014, estabelece exigências mínimas e norteia a elaboração de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas ou Perturbadas - PRAD. Estes projetos devem propor métodos e técnicas a serem empregados de acordo com o dano observado e as peculiaridades de cada área, dando preferência às medidas com eficiência já comprovada. Também são citados pela mencionada Instrução Normativa a atenção especial à proteção e conservação do solo e dos recursos hídricos.

O projeto de recuperação, que deve apresentar embasamento teórico, analisará vários aspectos do local, como as características bióticas e abióticas, além de outros fatores pertinentes e casuais. Para garantir a recuperação do local, a primeira ação a ser executada é a proteção em relação a qualquer ação de degradação, “como espécie invasora, gado, fogo, erosão, dentre outros” (ICMBIO, 2014, p. 5). Além disso, “Em áreas onde houve alteração ou remoção de solo, este deve ser recuperado e os processos erosivos contidos antes de qualquer outra intervenção”.

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

Para recomposição da vegetação, a instrução cita como exemplo: “plantio de espécies nativas por mudas ou sementeira direta; transposição de solo orgânico ou serrapilheira com propágulos; propagação vegetativa de espécies nativas; condução da regeneração natural” (ICMBIO, 2014, p.4).

O sucesso da restauração de uma área degradada será medido de forma quantitativa pelos seguintes parâmetros: presença e diversidade de regeneração espontânea; aumento da cobertura do solo por espécies nativas; e redução ou eliminação da cobertura de espécies exóticas invasoras. A Unidade de Conservação responsável, após a execução do PRAD, irá se manifestar de forma conclusiva sobre o término e o alcance dos objetivos e metas do projeto. Estando a área caracterizada como recuperada, esta será desembargada.

Remediação de áreas contaminadas

Para a identificação de uma área contaminada são realizadas várias etapas de análise. A resolução do CONAMA nº420, de 28 de dezembro de 2009 determina que primeiramente seja elaborada uma avaliação preliminar, que consiste na avaliação inicial. Essa avaliação se dará através do conhecimento histórico da área, como o tipo de instalação que funcionava anteriormente no local e, também por uma inspeção *in loco*.

Se a avaliação preliminar determinar que há indícios de contaminação na área será então realizada uma investigação confirmatória, que confirmará ou não a existência de contaminantes provenientes de atividades humanas em valores acima dos permitidos na área suspeita, esteja essa contaminação presente no solo ou nas águas subterrâneas.

Após essa etapa de investigação parte-se para a etapa de diagnóstico. Realiza-se então uma investigação detalhada que: "Consiste na aquisição e interpretação de dados [...], a fim de entender a dinâmica da contaminação e a identificação dos cenários específicos de uso e ocupação do solo, dos receptores de risco existentes, dos caminhos de exposição e das vias de ingresso" (CONAMA, 2009, p. 3).

A etapa de diagnóstico servirá como base para a etapa seguinte, a de intervenção, pois a partir dos dados levantados com a investigação detalhada será determinado o método de remediação que será aplicado na área para sua recuperação. Após a realização da remediação ainda deverá ocorrer o monitoramento, para certificação de que o método aplicado está sendo efetivo e realmente recuperando o local contaminado.

Quando uma área é determinada como contaminada, os responsáveis por ela devem elaborar uma proposta de intervenção para sua recuperação. Essa proposta deverá ser encaminhada ao órgão ambiental competente e executada sob encargo do responsável pelo local.

Conforme determinação do CONAMA (Resolução nº420 de 2009), a proposta elaborada deverá levar em consideração os seguintes aspectos obrigatórios: o controle ou eliminação das fontes de contaminação; o uso atual e futuro do solo da área objeto e de sua circunvizinhança; a avaliação de risco à saúde humana; as alternativas de intervenção consideradas técnica e economicamente viáveis e suas consequências; o programa de monitoramento da eficácia das ações executadas e também os custos e os prazos envolvidos na implementação das alternativas de intervenção propostas para atingir as metas estabelecidas. Além destes, podem ser executadas ações complementares, com o objetivo de auxiliar as ações obrigatórias.

Os métodos de recuperação das áreas contaminadas são muitos. Eles podem ser divididos entre tratamentos *in situ*, que são tratamentos realizados diretamente no local de contaminação ou então tratamentos *ex situ*, que consiste na remoção do solo e encaminhamento para o local onde

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

será realizada a remediação. Os tratamentos *in situ* são os que recebem mais destaque em todo o mundo devido a apresentar custos mais baixos que os tratamentos *ex situ*, visto que não se faz necessário o transporte do solo e também por não haver o risco de contaminação de outras áreas, o que pode ocorrer nos tratamentos *ex situ*, através do transporte do solo (TAVARES, 2013).

Uma maneira de remediação das águas subterrâneas contaminadas, *in situ*, é o sistema Pump and Treat (Bombeamento e Tratamento) que consiste no bombeamento das águas subterrâneas para a superfície, onde passa por um tratamento físico, químico ou biológico, até atingir o nível de descontaminação desejável. Em caso de condições hidrogeológicas favoráveis a água tratada poderá ser reinjetada no aquífero (TAVARES, 2013).

A Aeração (Air Sparing) também é realizada *in situ* e trata-se da injeção de ar no solo, o que, como explica Tavares (2013, p. 72), “resulta no desprendimento dos contaminantes da água subterrânea, através da volatilização dos mesmos”. A injeção de ar também gera a biodegradação aeróbica de alguns compostos presentes no solo e na água.

Tavares (2013) menciona mais alguns métodos, dois quais citam-se quatro mais utilizados: extração de vapor do solo; solidificação/estabilização; lavagem e biorremediação.

A Extração de Vapor do Solo (SVE) é o sistema que utiliza a aplicação de vácuo na zona não saturada do solo para forçar a movimentação dos vapores em direção aos poços de extração, assim são retirados do solo contaminantes voláteis e semivoláteis. O gás retirado passa por um tratamento para sua descontaminação se necessário, e então é liberado na atmosfera ou reintegrado ao solo (TAVARES, 2013).

A Solidificação/Estabilização dos solos é um sistema que, conforme Tavares (2013), não envolve a retirada dos contaminantes dos solos. Este método provoca a imobilização física ou química dos poluentes, impossibilitando sua movimentação ou tornando-os menos nocivos à saúde humana. Por não ser realizada a retirada do contaminante do solo essa técnica exige maior monitoramento devido a sua vida útil.

A Lavagem do Solo é realizada a partir da inserção de fluidos no solo, que podem ser tanto água como uma solução ácida ou básica, dependendo do caso, esse fluido provoca a solubilização dos contaminantes. Após passar pela área contaminada o fluido é retirado do solo, através de bombeamento. Essa técnica pode também ser realizada *ex situ*, onde primeiramente é feita a remoção do solo (TAVARES, 2013)

A utilização de microorganismos para a degradação dos resíduos é a técnica conhecida como Biorremediação. Tavares (2013) explica que os microorganismos são, normalmente, bactérias e fungos, que degradam substâncias mais simples e menos tóxicas, por isso essa técnica é usualmente utilizada na remediação de áreas contaminadas por lixões ou aterros sanitários. Esse procedimento pode ser realizado *ex situ* ou *in situ*. Quando o procedimento é realizado no local, o comum é que sejam injetados no solo nutrientes que estimulem o desenvolvimento de microorganismos já presentes no solo.

Os Métodos Eletrocinéticos tratam-se da aplicação de uma corrente elétrica no solo através de eletrodos. Essa corrente elétrica tenta a atrair os íons contaminantes do solo e concentrá-los próximos aos eletrodos. Estando os íons concentrados em uma pequena região é feita a remoção deste solo, eliminando-se assim os poluentes (FONINI e ROJAS, 2006).

Existem ainda muitos outros métodos de remediação de áreas contaminadas, como a incineração, as barreiras reativas permeáveis, a fitorremediação, entre outras. Cabe ao responsável pela área contaminada optar pelo melhor método a ser aplicado conforme o caso.

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

3. CONCLUSÃO

Toda área degradada e/ou contaminada deve receber formas de recuperação, para que sua situação atual seja melhorada. Tanto para degradação quanto para contaminação, faz-se necessária a avaliação da área, a investigação e identificação das causas e dos níveis de dano, definição das características regionais e as formas de recuperação ou remediação possíveis e viáveis. Posteriormente, após o estudo, escolhe-se a(s) melhor(es) medida(s) a adotar.

Entretanto, salienta-se que é fundamental que a área não chegue a um estado avançado de degradação ou contaminação para que providências sejam tomadas, onde o ideal é que o processo de degradação e contaminação não se inicie.

4. PALAVRAS-CHAVE: recuperação, área degradada, área contaminada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8849: Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos - Procedimento**. Rio de Janeiro, RJ, 1985.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8419: apresentação de projetos de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro, RJ, 1992.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 420**, de 28 de dezembro de 2009. Brasília, 2009.

BRASIL. **Decreto Federal 97.632**, de 10 de abril de 1989. Brasília, DF, 1989.

BRASIL. **Instrução Normativa ICMBIO N° 11**, de 11 de dezembro de 2014. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <Instrucao_normativa/2014/in_icmbio_11_2014_estabelece_procedimentos_prad.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2017.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Áreas Contaminadas**. Brasília, DF, 2017.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Recuperação de áreas degradadas**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <index.php?id=229&func=pesq>. Acesso em: 03 jun. 2017.

DIAS, S. M. F. **Avaliação de programas de Educação Ambiental voltados para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos**. São Paulo, 2003. Tese de Doutorado - Faculdade de Saúde Pública da USP.

FIONINI, A.; ROJAS, J. W. J. **Técnicas empregadas na Remediação de Solos Contaminados**. Porto Alegre, RS, 2006.

SANTOS, E.; UNGARI, H. C. N.; SANTOS, Matilde B. **Principais Técnicas de Remediação e Gerenciamento de Áreas Contaminadas por Hidrocarbonetos no Estado de São Paulo**. Campinas, SP, 2008.

SILVA, N. L. S. **Aterro Sanitário para resíduos sólidos urbanos - RSU - Matriz para Seleção da Área de Implantação**. Feira de Santana, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Feira de Santana.

TAVARES, S. R. L. **Remediação de solos e águas contaminadas por metais pesados: Conceitos básicos e fundamentos**. Rio de Janeiro, RJ, 2013.