

DESIGN CIRCULAR NA REMEDIAÇÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO DO PARQUE OLÍMPICO DE LONDRES

1. INTRODUÇÃO

O crescimento econômico não deve estar dissociado da proteção ambiental, uma vez que os dois são concebidos para o bem-estar individual e coletivo. Contudo, é necessário que repensemos na interação entre esses dois elos, pois o meio ambiente não possui capacidade plena de resiliência e os recursos naturais são finitos. Ao mesmo tempo, temos uma realidade de aumento populacional e uma crescente demanda de recursos. Surge assim, um desafio para tornar o desenvolvimento economicamente viável, socialmente inclusivo e ecologicamente equilibrado (ROMEIRO, 2012). O crescimento econômico não pode ser entendido como um fim em si mesmo, mas, sim, uma maneira de alcançar os objetivos sociais, respeitando a condicionalidade ambiental (CREDIDIO, 2015).

Diante desse panorama, e fazendo um recorte para os modelos produtivos atuais, discute-se a necessidade de internalizar as externalidades. Isto é, que efeitos colaterais da atividade industrial, como o caso de contaminações ambientais de solo, água e ar, sejam contabilizados e o ônus gerado para o coletivo seja regenerado nos casos que já tenham ocorrido e prevenidos em casos futuros.

Em se tratando de modelos preventivos, surgem os modelos de produção mais limpa, minimizando os impactos residuais e otimizando os processos produtivos. Esse modelo traz o entendimento de que a poluição é sinônimo de ineficiência produtiva. Por outro lado, nos modelos de reabilitação¹ ambiental, foram atribuídas então as atividades de remediação e restauração² da degradação, tema central do presente estudo. Com a evolução das técnicas utilizadas, os modelos corretivos introduziram o componente do desenvolvimento sustentável, resultando em diretrizes que estabelecem estratégias para aumento dos benefícios ambientais, econômicos e sociais.

Mais recentemente o conceito de economia circular surgiu, traduzido pela substituição do modelo econômico linear, genericamente representado pela extração de recursos, produção, consumo e descarte de produtos, para os modelos circulares, onde os resíduos se tornam insumos para novos produtos. Esse modelo agrega diversos conceitos criados como a ecologia industrial, biomimética, *blue economy* entre outros, e é atribuído não somente para uma reabilitação ou prevenção ambiental, mas para uma regeneração estrutural na sociedade.

Nesse cenário o presente estudo avaliou de que maneira a recuperação de áreas contaminadas pode ser sustentável, e em segundo momento como é possível integrar os mecanismos de economia circular no processo de remediação ambiental, modificando assim a lógica de culpabilização e da minimização de danos em direção a uma visão positiva, como estratégia para a criação de valor e benefícios compartilhados para a sociedade.

O paradigma atual sobre o qual existe um mercado internacional consolidado trata as áreas contaminadas como passivos. Entretanto, alguns casos de sucesso mostram que existe uma oportunidade para ressignificar essas áreas e transformá-la em ativos. Diante da crescente evolução do tema economia circular e suas diversas aplicações, entende-se que seus fundamentos podem ser de grande valia para trazer uma nova ótica para esse setor.

2. OBJETIVOS E METODOLOGIA

O presente estudo tem como objetivo descrever e compreender o cenário de recuperação de áreas contaminadas sob o ponto de vista da remediação sustentável, e incorporar conceitos de economia circular por meio de uma análise do estudo de caso do Parque Olímpico de Londres.

O estudo, caracterizado de natureza exploratória e através de uma abordagem qualitativa, contou com um levantamento bibliográfico inicial, seguido de pesquisa por meio de entrevista com profissionais que atuam na área de Remediação Ambiental e Economia Circular.

Após coleta dos dados, para efeitos de avaliação e discussão do caso, utilizou-se a metodologia elaborada pelo SuRF-UK - *Sustainable Remediation Forum* (ou Fórum de Remediação Sustentável), iniciativa criada em 2007 no Reino Unido, através de indicadores estruturais contidos no “*Supplementary Report 1 of the SuRF-UK Framework*” – Relatório Complementar 1 da Estrutura do SuRF-UK (SURF UK, 2020a). Vale indicar que essa metodologia foi criada para ocorrer tanto na fase de concepção e planejamento do projeto (que o SuRF-UK chama de Estágio A), como na fase de avaliação de opções para seleção de tecnologia de remediação (que o SuRF-UK chama de Estágio B).

Para o presente estudo, foi realizada uma adaptação da metodologia, utilizando-se dos indicadores descritos no guia como um *checklist* para avaliar as linhas de evidências de maneira mais abrangente e holística nos projetos do ponto de vista sustentável, utilizando os conhecimentos da autora para compreender as oportunidades para o desenvolvimento de projetos mais circulares.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Conceitos e Classificações de Áreas Contaminadas no Brasil

Após a primeira Revolução Industrial e com o conseqüente aumento da capacidade humana de produzir e consumir, a geração de resíduo se intensificou, evoluindo de subprodutos biológicos em estágios mais primitivos às substâncias químicas, sintetizadas industrialmente. Até aquele momento, o meio ambiente foi capaz de absorver e reinserir esses produtos no ecossistema, mas com o advento da produção massificada, lidar com esses subprodutos foi considerado antieconômico, uma vez que o volume de resíduos não era considerado relevante e a matéria prima não era vista como um recurso limitado (GIANETTI, 2007).

A existência de áreas contaminadas nesse contexto histórico se tornou um dos problemas ambientais mais relevantes em países industrializados entre a década de 80 e 90, em virtude do impacto gerado na saúde pública, solo, recursos hídricos e no patrimônio. Um dos primeiros casos conhecidos, o “Love Canal”, na década de 70 nos Estados Unidos, demonstrou a complexidade e a gravidade desse tipo de contaminação, ocasionada pela disposição de resíduos industriais de maneira irregular por trinta anos (SÁNCHEZ, 2001).

Cunha (1997, p.1), define áreas contaminadas como sendo:

“Áreas contaminadas podem ser definidas como locais que apresentam a presença de substâncias tóxicas, distribuídas de forma não controlada nos diferentes compartimentos do ambiente, as quais, em função do nível de concentração existente, determinam riscos potenciais à saúde dos seres vivos ou prejuízos à qualidade dos recursos naturais”.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (1999), considera que a água subterrânea e o solo são meios valiosos para o equilíbrio socioambiental, pois, quando poluídos, se tornam um rápido e potente meio de disseminação de poluentes, trazendo como consequência a contaminação de outros bens a proteger, e trazendo riscos à saúde humana. O dano gerado nesses meios se torna também um legado para as gerações futuras, uma vez que estas passam a arcar com as consequências do uso inadequado desses recursos naturais, como a desvalorização do entorno imediato, abandono de áreas, ocupações irregulares e os riscos à saúde pública (BARROS, 2011).

Como BARROS (2011) apresenta, a origem da contaminação de uma área pode estar relacionada aos processos produtivos, ao armazenamento de matérias-primas ou à disposição de resíduos das atividades anteriormente abrigadas pelo terreno.

O Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) é definido pela CETESB (2013) como sendo um conjunto de medidas tomadas com o intuito de minimizar o risco proveniente da existência de áreas contaminadas, à população e ao meio ambiente. Essas medidas devem proporcionar os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas. O foco de todo esse processo, consiste em reduzir os riscos a que a população e o meio ambiente estejam sujeitos em decorrência de exposição às substâncias provenientes de áreas contaminadas à níveis aceitáveis (CETESB, 2017).

3.2. O Conceito de Remediação Sustentável

Historicamente consultores ambientais, órgãos públicos e a prestadores de serviço investiram vultuosamente em projetos de engenharia para remediação de áreas contaminadas, como sistemas de bombeamento e tratamento de água subterrânea, escavação de solo e descarte externo, incineração e tratamento térmico. Embora esses sistemas de remediação envolvam alto planejamento e investimento técnico, muitos enfrentaram limitações técnicas básicas ao recuperar contaminantes do meio ambiente, uma vez que os contaminantes sofrem diversos processos físicos e químicos como dispersão e diluição no meio onde estão. Como resultado, a maioria dos sistemas de remediação projetados verificou que a taxa de remoção de contaminantes em um determinado momento passa a depender de muito mais investimento para uma baixa eficiência, e em alguns casos a concentração de contaminantes que se consegue alcançar geralmente é muito mais alta do que o nível permitido (SURF UK, 2009). Além disso, as abordagens tradicionais trazem como foco de análise somente o custo e aplicabilidade técnica do projeto, o tempo necessário para remediação e a eficiência para atender às metas de descontaminação (HARCLERODE, LAL e MILLER, 2016).

Dessa maneira surge o conceito de remediação sustentável, um termo relativamente novo no ramo das áreas contaminadas, e que tem trazido bastante atenção na última década (LEU e HOU, 2020). Em uma estrutura criada pelo SURF-UK e pelo CL: AIRE - *Contaminated Land: Applications in Real Environments*, uma organização sem fins lucrativos do Reino Unido fundada em 1999, a remediação sustentável é definida como “a implementação de projetos de remediação que elimina e / ou controla riscos inaceitáveis de maneira segura e oportuna maximizando os benefícios ambientais, sociais e econômicos” (SURF UK, 2009).

A normatização internacional (ISO 18504, 2017) adotou o mesmo conceito utilizado pelo SuRF-UK para remediação sustentável, e nela foi incorporada a abordagem denominada “*tiered approach*” que pode ser traduzida como uma “abordagem em níveis”, tendo como objetivo a aplicação de avaliações simples em casos menos complexos e avaliações mais sofisticadas, e mais custosas em situações mais complexas, de modo que a avaliação de remediação sustentável seja proporcional à escala do projeto / problema a ser solucionado. Um

fato traduzido por esta norma foi de que a sustentabilidade não pode ser medida em unidades simples, e que uma avaliação da sustentabilidade das estratégias de remediação é necessariamente um processo subjetivo em um determinado ponto no tempo e no espaço. Sendo assim, as partes interessadas devem ser incentivadas a fornecer suas perspectivas sobre o equilíbrio dos impactos e benefícios potenciais para facilitar o consenso.

Esse último ponto sugere um dos motivos pelo qual os métodos de avaliação da sustentabilidade usados permanecem diversos, com uma gama de abordagens e ferramentas (principalmente) semi-quantitativas e quantitativas desenvolvidas ou em desenvolvimento. A avaliação de sustentabilidade de um projeto é específica e subjetiva de acordo com o local impactado e depende uma ampla gama de considerações através de diferentes perspectivas dos *stakeholders* (BARDOS et al., 2016).

3.3. Metodologia do SuRF-UK

Em 2020, o SuRF-UK publicou uma atualização dos relatórios publicados em 2011, contendo orientações sobre o uso de critérios de sustentabilidade (também referidos pelo SuRF-UK como “indicadores”) na elaboração de avaliações relacionadas ao processo do GAC (SURF-UK, 2020b). Esses critérios são organizados em 15 categorias “principais”, dividida entre elementos ambientais, sociais e econômicos, conforme demonstrado no Quadro 1. A lista de verificação de indicadores SuRF-UK é o guia mais abrangente e detalhado para apoiar a seleção de critérios de avaliação de sustentabilidade para o planejamento de remediação sustentável. Esta abordagem é baseada na definição de “desenvolvimento sustentável” definida no relatório Brundtland (BARDOS et al., 2018).

Quadro 1. Categorias principais para indicadores de sustentabilidade (SURF-UK, 2020).

Ambiental	Econômico	Social
Emissões no ar	Custos e benefícios econômicos diretos	Saúde e segurança humana
Condições do solo	Custos e benefícios econômicos indiretos	Ética e equidade
Água Subterrânea e Superficial	Emprego e capital de emprego	Bairros e localidade
Ecologia	Custos e benefícios econômicos induzidos	Comunidades e envolvimento da comunidade
Recursos naturais e resíduo	Vida útil e flexibilidade do projeto	Incerteza e evidência

O SuRF UK define que a remediação sustentável é uma solução ou combinação de soluções cujo benefício líquido para a saúde humana e o meio ambiente é maximizado pelo uso criterioso de recursos limitados. Para conseguir isso, adota-se abordagens sustentáveis para remediação que fornecem um benefício líquido para o meio ambiente através das seguintes abordagens (SURF-UK):

1. Minimizam ou eliminam o consumo de energia ou de outros recursos naturais;
2. Reduzem ou eliminam as emissões para o meio ambiente, principalmente para o ar;
3. Aproveitam ou imitam um processo natural;
4. Resultam na reutilização ou reciclagem de terrenos ou de outros materiais indesejáveis; e/ou
5. Estimulam o uso de tecnologias de remediação que destruam permanentemente os contaminantes.

Neste sentido, o SURF-UK (2020) recomenda a adoção de uma abordagem em níveis para a avaliação de sustentabilidade para remediação, iniciando com uma “camada” qualitativa que permite que o escopo mais amplo de sustentabilidade seja considerado com um grau de esforço menor e caso seja identificada a necessidade de uma avaliação mais robusta, uma vez que a avaliação qualitativa seja inconclusiva, deve-se seguir para “níveis” mais complexos com estudos semi-quantitativos ou quantitativos, como por exemplo uma Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). Além disso, as avaliações de sustentabilidade são específicas do local e do projeto e, para um número significativo de indicadores e dependem da opinião dos *stakeholders* (SURF UK, 2020a).

Adicionalmente, o envolvimento da comunidade é mais importante em projetos de *brownfields*³ onde a remediação é centrada em alguma forma de utilidade pública, por exemplo em um parque, e / ou onde há um investimento público substancial no trabalho de restauração ou remediação a ser realizado (SURF UK, 2020b).

3.4. Economia e Design Circular

Conforme descrito na publicação Ellen Macarthur Foundation (EMF, 2018) a economia circular é um abordagem sistêmica do desenvolvimento econômico projetada para beneficiar as empresas, a sociedade e o meio ambiente. Em contraste com a economia linear de "*take-make-dispose*" (traduzido como extrair-produzir-descartar), uma economia circular é restaurativa e regenerativa por design e visa desacoplar o crescimento do consumo de recursos finitos.

O Relatório *Circularity Gap* (PACE, 2019), descreve que o mundo hoje é apenas 9% circular e, portanto, para que se alcance uma prosperidade mais equitativa dentro das fronteiras planetárias, deve ocorrer uma mudança de paradigma. Este conceito de mudança para um "espaço operacional seguro e justo" para a humanidade deve proporcionar prosperidade em países de baixa e média renda, que abrigam cinco em cada seis pessoas no mundo hoje. Desassociar esta mudança da sobrecarga ecológica, ao mesmo tempo que administrar as aspirações e expectativas da minoria, é o novo desafio central para o desenvolvimento global.

O conceito de economia circular pressupõe sistemas dinâmicos, o que significa que não existe um ponto final específico, mas sim um processo de transformação. Dessa forma (PACE, 2019) descreve 7 elementos-chave que direcionam esse processo transformador: Design para o futuro; incorporar a tecnologia digital; sustentar e preservar o que já existe; repensar o modelo de negócios; utilizar o resíduo como recurso; priorizar recursos regenerativos; e criação de valor compartilhado por meio de parcerias.

Os fluxos presentes em um sistema circular são divididos entre dois tipos: técnicos e biológicos. A partir de cada um deles, há um círculo de criação de valor. O diagrama a seguir, sumariza o conceito de economia circular definido pela Fundação Ellen Macarthur (EMF, 2018).

FIGURA 1: DEFINIÇÕES DA ECONOMIA CIRCULAR

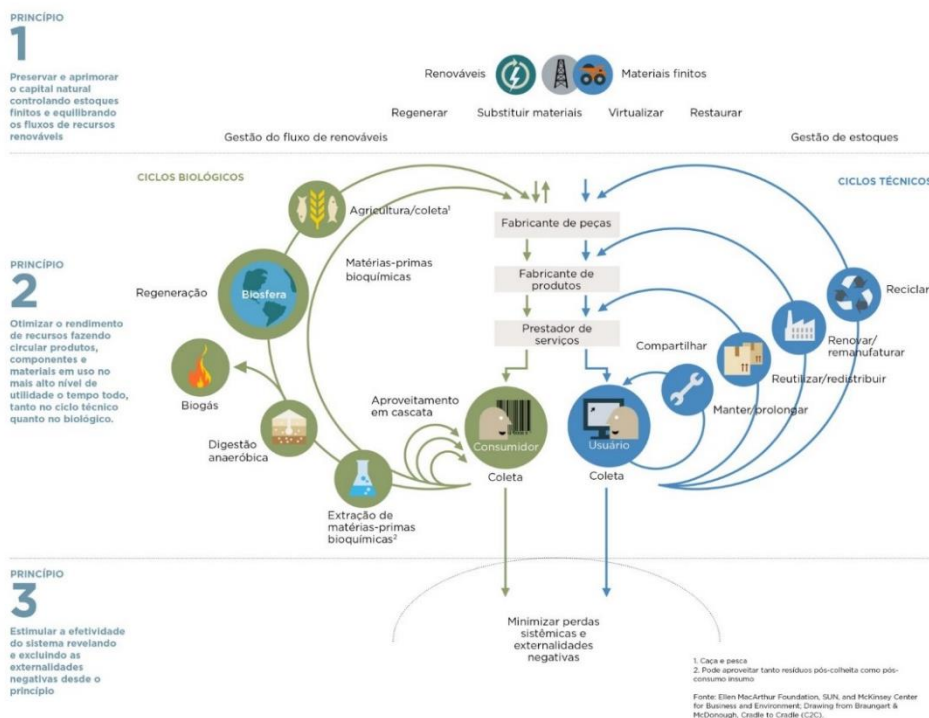


Figura 1. Diagrama Sistêmico (EMF, 2018)

3.5. Metabolismo Urbano

As regiões urbanas consomem a maior quantidade de recursos globais e geram uma enorme quantidade de resíduos que afetam seu entorno. No entanto, também oferecem oportunidades para melhorar a eficiência dos recursos e reduzir os impactos ambientais da sociedade. Ações efetivas tomadas nos níveis municipais podem potencialmente melhorar a eficiência dos recursos e alcançar outras metas de desenvolvimento sustentável ao mesmo tempo (MUSANGO, CURRIE e ROBINSON, 2017).

O conceito de metabolismo urbano pode ser entendido como uma coletânea de complexos processos sócio-técnicos e sócio-ecológicos, pelos quais fluxos de materiais, energia, pessoas e informações moldam a cidade, atendem às necessidades de sua população e impactam o interior do país (CURRIE e MUSSANGO, 2016).

As cidades têm sido caracterizadas por processos lineares em que recursos e resíduos entram e saem dos limites da cidade, respectivamente. O desafio é passar de uma perspectiva linear para uma perspectiva em rede e cíclica, em que os resíduos se tornem novos insumos, reduzindo a dependência de recursos das regiões periféricas. Isso implica que a avaliação do metabolismo urbano é um conceito relevante para o planejamento espacial e o desenvolvimento urbano, a fim de apoiar uma transição de eficiência de recursos (MUSANGO, CURRIE, e ROBINSON, 2017).

4. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO: O PARQUE OLÍMPICO DE LONDRES

4.1. Histórico da Região

O Parque Olímpico de Londres está localizado no leste de Londres, a aproximadamente 5 km do centro da cidade. Antes da reconstrução, a área possuía uma estrutura urbana fragmentada, com deficiência em acessos e oportunidades limitadas para a população local. O acesso a saúde na região estava geralmente entre os 10% mais carentes da Inglaterra (HOU, AL-TABBAA e HELLINGS, 2015).

As áreas apresentavam altos índices de desemprego (o dobro da média da Inglaterra), problemas de saúde e altos índices de criminalidade. Os imóveis na região eram desvalorizados e precários, coexistindo com áreas abandonadas. As vias navegáveis da região também se deterioraram, ficando assoreadas e cobertas de vegetação. Além disso, o sistema de esgoto possuía capacidade reduzida para lidar com a descarga de águas pluviais durante o horário de pico; conseqüentemente, dois pontos de alagamento na região descarregavam efluentes não tratados no sistema hidroviário Lea River. O uso histórico do local incluía refinarias de petróleo, indústrias químicas, aterros sanitários e tanques aterrados, peças automotivas e centros de armazenamento e distribuição.

A investigação conduzida na área identificou contaminação de solo e das águas subterrâneas por uma série de contaminantes, incluindo compostos orgânicos voláteis, compostos orgânicos semi-voláteis, hidrocarboneto total de petróleo, metais pesados, cianeto, amônia etc (ODA, 2008).

4.2. Estratégia de Sustentabilidade e Questões Relacionadas à Remediação

Para a tomada de decisão da remediação local os principais stakeholders envolvidos foram as autoridades locais de planejamento, dentre eles o principal órgão denominado *Olympic Delivery Authority* (ODA), a agência ambiental e consultores de planejamento urbano e profissionais da construção civil.

A ODA foi responsável por garantir a entrega das novas área e infraestrutura para os Jogos e a subsequente transformação das instalações em sua forma legada. A estratégia de desenvolvimento sustentável publicada da ODA incluiu 12 objetivos de sustentabilidade. Entre esses objetivos, os itens a seguir foram considerados os mais relevantes para o trabalho de remediação conduzido (ODA, 2007):

- Mudanças Climáticas: minimizar as emissões de dióxido de carbono; as fontes energéticas durante a remediação foram mais relevantes para esse objetivo.
- Água: otimização do uso, reutilização e reciclagem eficiente da água; reciclagem de águas residuais.
- Resíduos: busca por oportunidades de eliminar ou minimizar a geração de resíduos e maximizar a reutilização e reciclagem de materiais que surgem durante a remediação e construção.
- Materiais: identificar, adquirir e utilizar materiais ambientalmente e socialmente responsáveis através de compras sustentáveis.
- Impactos no solo, na água, no ruído e no ar: otimizar impactos positivo e minimizar os impactos adversos na qualidade do solo, da água, do ruído e do ar; o design foi um aspecto relevante na implantação do projeto.
- Saúde e bem-estar: proporcionar oportunidades de estilo de vida saudável durante a construção e o design do Parque Olímpico e outros locais; o trabalho geral de remediação trouxe uma contribuição direta para esse objetivo.

- Inclusão: envolver, comunicar e consultar efetivamente os *stakeholders* e as diversas comunidades do entorno do Parque Olímpico, envolvendo a participação do público durante o planejamento e implementação da remediação.

Outro aspecto considerado foi a minimização do consumo de energia e pegada de carbono para a seleção da tecnologia empregada para a remediação, e a escolha por tecnologias de curto/médio prazo para o gerenciamento levando em consideração os impactos às futuras gerações. Os principais resultados obtidos podem ser observados no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2. Atividades de remediação e práticas sustentáveis no projeto (HOU, AL-TABBAA e HELTINGS, 2015).

Fase do Trabalho	Escopo	Práticas Sustentáveis e Realizações
Investigação da Área, demolição e descontaminação	- 3500 pontos de investigação a 25 m do centro da área; - Demolição de 200 edificações, gerando 454.000 toneladas de entulho - 2 milhões de m ³ de solo escavado; camada de 0,6m de espessura para separação em sobre a área.	98% de reuso e reciclagem dos materiais originados da etapa de demolição e descontaminação
Escavação e instalação de camada de separação de solo	Tratamento de solo contaminado através de lavagem de solo (700 000m ³), e seleção (82 000m ³), estabilização <i>ex-situ</i> (50 000m ³) e bioremediação (30 000m ³)	Reciclagem dos resíduos de demolição através do tritramento do entulho originado das atividades de demolição.
Remediação de água subterrânea contaminada	Tratamento de 200 000m ³ de água subterrânea contaminada com sistema de bombeamento e tratamento (P&T), oxidação/redução química <i>in-situ</i> e remediação <i>in-situ</i>	- Após a lavagem do solo, 80-85% foi utilizado como areia e brita, 15-20% foi destinado como torta de filtro contendo silte, argila e matéria orgânica; - Solo bioremediado foi utilizado como preenchimento de maneira geral - Uso de tecnologias inovadoras de tratamento <i>in-situ</i>

A maior conquista sustentável direta do projeto foi a lavagem e reaproveitamento de 700 mil m³ de solo contaminado. Isso reduziu um impacto ambiental substancial em comparação com as opções tradicionais de aterro. Durante o pico das operações de remediação, cinco máquinas de lavagem de solo operaram no local.

Em decorrência do emprego dessa técnica, e sendo um dos principais objetivos compreender a pegada de carbono do projeto foi utilizado um método quantitativo para avaliar o benefício ambiental da lavagem de solo em todo o ciclo de vida, comparando a uma metodologia alternativa (aterro). Dessa forma, foi conduzido um estudo de avaliação de ciclo de vida (ACV), que tem como finalizar avaliar as etapas necessárias para que um produto ou processo cumpra a sua função, desde a obtenção dos recursos naturais até seu destino final, após o cumprimento da função (KISS, 2020). A partir, dele, é possível compilar os fluxos de massa e de energia, de entrada e saída, e avaliar os potenciais impactos ambientais associados a um produto, processo ou serviço ao longo de todo o seu ciclo de vida (ABNT, 2009).

A Figura 2 a seguir apresenta os resultados obtidos do estudo de avaliação de ciclo de vida (ACV) conduzido, demonstrando que nas três categorias avaliadas a lavagem de solo apresentou desempenho melhor do que o aterramento.

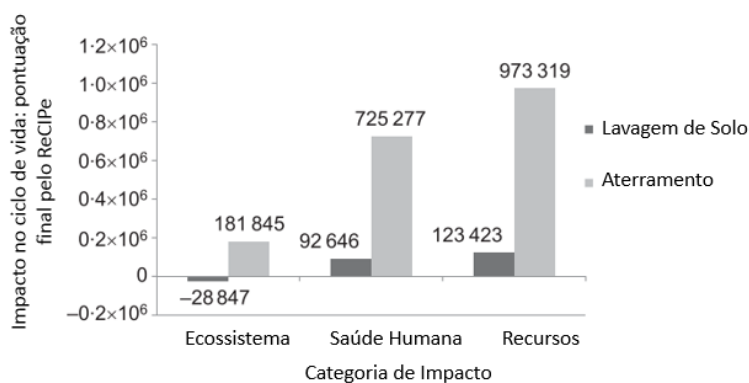


Figura 2. Impacto do ciclo de vida estimado pelo método hierarquizado de *endpoint ReCiPe*⁴ (HOU; AL-TABBAA; HELLINGS, 2015)

Por outro lado, é notável que a lavagem do solo não remove completamente todos os contaminantes do solo e em algumas situações, como no caso de possível mudança de uso do solo, o contaminante residual no solo acarreta alguma incerteza a longo prazo. Nesse caso, foi importante implementar medidas de controle institucional adequadas para garantir que esse risco fosse minimizado. No Parque Olímpico, onde existem contaminantes residuais acima de certos níveis, as restrições foram impostas, como não liberação para uso do solo em jardinagem privada ou a produção de culturas comestíveis ou a remoção/redução do nível de solo superficial.

4.3. Avaliação Socioeconômica

Dentre os 12 objetivos de sustentabilidade do projeto algumas estratégias foram definidas que envolveram aspectos sócias e econômicos, sendo elas:

1. **Proteção de recursos culturais:** ao longo do projeto o Museu de Arqueologia – *Museum of London Archaeology Service* desenvolveu uma investigação inicial arqueológica como parte do processo de planejamento, incluindo a execução de atividades de escavação arqueológica previamente ao início do trabalho. Nessa atividade foram encontrados mais de 10 000 objetos incluindo esqueletos da Idade do Ferro.
2. **Engajamento de Stakeholders:** as estratégias de sustentabilidade do projeto contemplaram um extenso trabalho de consulta com principais *stakeholders*, incluindo diversos níveis do governo, setor privado, comunidade local e ONGs. Durante a remediação algumas medidas foram tomadas em decorrência do envolvimento da comunidade local como a criação de um canal de comunicação 24h disponível para os residentes, viagens de campo foram organizadas para os moradores locais acompanharem os trabalhos de remediação e suas preocupações foram atendidas imediatamente como no caso de perturbações geradas pelas obras.
3. **Transformação Física da Região:** o Parque Olímpico foi desenvolvido em uma área em grande parte abandonada, poluída e inacessível, e contou com um programa

abrangente de aquisição de terras, remediação e desenvolvimento. O projeto criou oportunidades locais e promoveu a regeneração de toda a região. O uso do solo pós jogos, incluiu a instalação de 6 instalações esportivas permanentes, 91.000m² de área comercial e quase 10.000 novas habitações. O projeto contou com outros ganhos sociais significativos como a criação de novos empregos.

No ponto relacionado a geração de empregos, o comparativo realizado, caso o Parque Olímpico não fosse instalado em um *brownfield* mas sim em um *greenfield*⁵ é difícil de mensurar, porém é compreensível que nesse caso o uso de mão de obra local seria reduzido pela redução de número de residentes locais, além de que o uso de um *brownfield* empregou um grande número de pessoas anteriormente desempregadas presente nessa área carente.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Dois dos principais desafios enfrentados ao longo desse projeto foram a realocação dos ocupantes da área e o curto prazo para condução do trabalho.

No caso dos residentes locais quase 500 pessoas foram transferidas da área para acomodações construídas pelo governo em um mês. O principal desafio não foi somente a logística, mas a questão emocional associada, demonstrando a necessidade de uma boa preparação para a realocação e o verdadeiro cuidado com essas pessoas.

Para o cronograma de trabalho, as obras de remediação do Parque Olímpico envolveram 246 hectares de terras que eram utilizadas para atividades industriais há mais de 200 anos. Normalmente, um projeto de remediação dessa magnitude levaria de 5 a 15 anos para ser concluído, mas a remediação neste local foi concluída em menos de 3 anos. Isso foi possível por alguns fatores, dentre eles:

- Um prazo sólido em decorrência das Olimpíadas, afetando a psicologia dos membros da equipe do projeto e incentivando a cooperação;
- Reuniões mensais de todos os *stakeholders* (ou seja, reguladores, consultores e contratados), permitindo que todas as partes soubessem o que estava acontecendo e garantindo uma cooperação entre elas;
- Trabalhar para o projeto das Olimpíadas foi inspirador e aumentou o envolvimento dos membros da equipe;
- Reguladores e consultores dividiram o mesmo escritório, o que facilitou a comunicação e a quebra de barreiras regulatórias.

Outro ponto relevante nesse cenário foi a questão dos contaminantes remanescentes pós tratamento do solo. Em decorrência disso, uma série de restrições tiveram que ser endereçadas as áreas considerando o cenário de futuros trabalhos na área e a proteção da saúde humana. No caso por exemplo de qualquer mudança de uso de solo futura, uma reavaliação do novo cenário seria necessária além de novas investigações e possíveis atividades de remediação.

Uma outra lição aprendida de todo o processo foi com relação ao uso de uma estratégia personalizada para o uso do solo em cada área. Quando identificada a uma região onde era necessário conduzir uma investigação intensiva o processo de remediação pode ser reduzido, adequando o uso de solo menos sensíveis (por exemplo, edifícios comerciais com solo impermeabilizado) em área mais contaminada e os usos do solo mais sensíveis (por exemplo, casas com jardins ou viveiros) inseridos em áreas menos contaminada. Para que isso fosse possível, uma avaliação de risco complexa teve que ser desenvolvida, utilizando inclusive uma

metodologia que diferenciada do padrão do Reino Unido, para que fosse endereçado os possíveis caminhos de exposição ao risco.

Outro ponto relacionado a abordagem de “estratégia adequada ao uso” é que ela deixa um legado para gerações futuras. Em projetos futuros, o planejamento deve considerar tempo e recursos suficientes para a etapa de remediação, visando minimizar o resíduo de contaminante residual.

O tratamento da água subterrânea também se tornou um grande desafio durante o projeto uma vez que foi difícil prever quando os padrões de qualidades seriam atendidos, pois os dados coletados em apenas um ano de monitoramento não apresentam tendências de redução ou estabilização o que é algo esperado quando tratamos de contaminantes em água subterrânea. Uma lição aprendida durante o tratamento da água subterrânea foi que, em decorrência do raso lençol freático presente na área e devido à influência dos rios adjacentes, as direções do fluxo da água subterrânea sofriam alterações ao longo dos diferentes períodos do ano, o que consequentemente trouxe alterações nos designs da remediação da área.

Os usos das tecnologias escolhidas trouxeram muitos ganhos sustentáveis para o projeto, porém isso não quer dizer que escolher a tecnologia de lavagem de solo seja a abordagem mais sustentáveis em todas as condições. As avaliações quantitativas de sustentabilidade, como a ACV pode fornecer ainda mais informações para conduzir uma escolha mais consciente de técnicas a serem empregadas. No caso do projeto de Londres, essa avaliação não foi feita no momento da definição da estratégia, mas sim para compreender o impacto que era gerado pela escolha feita. Outro ponto relevante é compreender as particularidades do caso, por se tratar de um megaprojeto, com alto volume de solo, tornaram o processo de lavagem de solo um processo mais eficiente trazendo também uma redução nos custos.

Por fim, outro ponto levantado a respeito desse tipo de megaprojeto, é o processo de gentrificação⁶, que de acordo com ALCÂNTARA (2018), consiste em “...processos de mudança das paisagens urbanas, aos usos e significados de zonas antigas e/ou populares das cidades que apresentam sinais de degradação física, passando a atrair moradores de rendas mais elevadas”. Em um artigo publicado pelo New York Times (New York Times, 2018) a região ainda apresenta uma das maiores taxas de desabrigados de Londres e apresentou uma valorização muito rápida dos imóveis o que inviabilizou os custos para a classe trabalhadora.



Figura 3. Uma vista da região do Parque Olímpico em 2007 e em julho de 2012.

Fonte: Jonathan Banks/Rex, Antonio Olmos (The Guardian, 2012)

O Quadro 3 a seguir, apresenta de maneira sumarizada as lições aprendidas, qualidades, aspectos de melhorias e limitações do caso avaliado.

Quadro 3. Lições Aprendidas, Qualidades, Aspectos de Melhorias e Limitações

Principais Lições Aprendidas	Megaprojetos são grandes oportunidades para reconstruir <i>brownfields</i> , uma vez que podem ser mais eficientes e por possuírem prazos apertados geram maior pressão sobre todas as partes interessadas. Além disso, grandes remediações reduzem os custos marginais de um projeto.
Qualidades	<ul style="list-style-type: none">• Planejamento desde o início considerando aspectos sustentáveis nas três esferas• Busca por melhores práticas sustentáveis ao longo do projeto
Aspectos de Melhoria	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvimento de tecnologia que elimine os contaminantes no solo definitivamente• Avaliação sob o ponto de vista de adaptação para as mudanças climáticas e aspectos climatológicos que podem interferir na tomada de decisão do projeto• Avaliação de melhorias socioeconômicas para a população local que evitem o processo de gentrificação na área
Limitações	<ul style="list-style-type: none">• Tempo limitado em decorrência de prazos agressivos para entrega do Parque Olímpico• Limitações tecnológicas para uma melhor eficiência na lavagem de solo

6. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente estudo verificou que a forma atual de consumo e produção, segue um modelo insustentável sob o ponto de vista de uso de recursos, solo e capital natural. Dito isso, é necessário que se busque novas formas de produzir, consumir energia e gerar valor para a sociedade. Essa mudança de paradigma clama por uma mudança de mentalidade. É preciso que haja uma transformação para uma economia restauradora e circular, baseada na criação de valor e onde as partes interessadas públicas e privadas cooperem para atingir um desenvolvimento sustentável.

O solo é um ótimo exemplo de recurso circular, dos mais necessários para o planeta, por ser uma fonte de serviços ecossistêmicos que contribui para o bem-estar da população por meio do fornecimento de diversos recursos, sendo a base para a produção de alimentos, fornecimento de energia, construções, além da produção de água potável. Nesse caminho, uma das chaves para essa transformação está atrelada a regeneração e uso responsável (COMMOM FORUM e NICOLE, 2020).

O aumento populacional e a continuidade da migração de pessoas para centros urbanos tende a gerar grandes pressões sobre os serviços ecossistêmicos que a terra propicia. Sob esse ponto de vista a reutilização e regeneração de áreas industriais ou *brownfields* desempenham um papel essencial. Sob uma perspectiva ampla, constatou-se que a sustentabilidade tem se tornado um novo imperativo na remediação de áreas contaminadas e no re-desenvolvimento dessas áreas nas últimas décadas.

Para o caso avaliado, as oportunidades são grandes sob o ponto de vista de criar valor compartilhado para a sociedade, mas há também desafios imensos do ponto de vista de criar soluções que permitam uma visão conjunta de longo prazo e no compromisso com o desenvolvimento da área, transparência e confiança através de parcerias público-privadas.

As conclusões deste estudo sugerem que a influência direta das partes interessadas tem efeito limitado na tomada de decisão do processo de revitalização ou remediação, mas a

influência institucionalizada dessas desempenha um papel importante, como demonstrado pelo caso avaliado.

É válido lembrar que esse trabalho não trouxe como intenção trazer uma fórmula ou metodologia única para a mudança de paradigma de áreas que constituem um passivo ambiental para geração de valor e a transformação para um ativo, mas refletir sobre os desafios, oportunidades e lições aprendidas que um caso já desenvolvido pode proporcionar para provocar uma mudança no cenário vigente.

Por fim, a reutilização de áreas industriais poderá diminuir a necessidade de uso de novos terrenos considerados limpos. A “reciclagem” de solos remediados faz parte de um processo de ciclo de vida. No longo prazo, essa ação poderá gerar não somente benefícios econômicos, mas em outros aspectos intangíveis para o planejamento urbano.

7. NOTAS

¹ Processo que tem por objetivo proporcionar o uso seguro de áreas contaminadas por meio da adoção de um conjunto de medidas que levam à eliminação ou redução dos riscos impostos pela área aos bens a proteger (Embrapa Meio Ambiente, 2020).

² Recomposição de uma área em que reproduzidas as condições exatas existentes antes de sua perturbação. A completa restauração é rara ou mesmo improvável (Embrapa Meio Ambiente, 2020).

³ O termo *brownfields* está associada a uma área degradada que perdeu seu critério econômico e não necessariamente a algum risco associado a ela. Sendo assim, são áreas que precisam ser revitalizadas para que passem a ter um interesse econômico para o planejamento territorial local (SALINAS V.C.F, 2017).

⁴ A lavagem do solo considera os impactos da escavação e lavagem / descarte do solo e o aterro considera os impactos da escavação e disposição do solo. Fonte: Adaptado (HOU, AL-TABBAA e HELLINGS, 2015)

⁵ Áreas que não foram construídos antes, frequentemente áreas rurais e caracterizadas por não estarem contaminadas (SEPA, 2010).

⁶ Corresponde ao processo de modificação do espaço urbano, em que áreas periféricas são remodeladas e transformadas em espaços nobres ou comerciais (ALCÂNTARA, 2018).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ALCÂNTARA, M.F. 2018. "**Gentrificação**". In: Enciclopédia de Antropologia. São Paulo: Universidade de São Paulo, Departamento de Antropologia. Disponível em: <http://ea.fflch.usp.br/conceito/gentrificacao>> Acesso em: 06 Set.2020

AL-TABBAA, A; HARBOTTLE, M; EVANS, C. **Robust sustainable technical solutions. In Sustainable Brownfield Regeneration**. Blackwell Publishing, Oxford, UK. 2007

BARDOS et al. **The Development and Use of Sustainability Criteria in SuRF-UK's Sustainable Remediation Framework**. 2018.

BARDOS et al. **The rationale for simple approaches for sustainability assessment and management in contaminated land practice**. Science of the Total Environment, v. 563–564, p. 755–768, 2016.

BARROS, L. H. S. **Requalificação dos aterros desativados (brownfields) no município de São Paulo: Parques (greenfields) Raposo Tavares e Jardim Primavera**. p. 403, 2011.

GIANNETTI, C. M. V. A. E S. H. B. **A Ecologia Industrial dentro do Contexto Empresarial**. Banas Qualidade, p. n° 184, 76-82, set. 2007.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Decisão de Diretoria no 038/2017/C**, de 07 fevereiro de 2017. Diário Oficial Estado de São Paulo - Caderno Executivo I (Poder Executivo, Seção I), v. 127, n. 28, p. 47–52, 2017.

CL: AIRE e NICOLE. **A review of the legal and regulatory basis for sustainable remediation in the European Union and the United Kingdom**. SuRF-UK/NICOLE report, 2015.

CREDIDIO, F. **Sustentabilidade – Você sabe o que significa essa palavra?** Parceiros Voluntários, 2015. Disponível em: <<http://www.parceirosvoluntarios.org.br/>>. Acesso em: 07 de Jun de 2020.

CUNHA, R. C. A. **Avaliação de risco em áreas contaminadas por fontes industriais desativadas**. [s.l: s.n.], 1997.

CURRIE, P. K.; MUSANGO, J. K. 2016. **African Urbanization: Assimilating Urban Metabolism into Sustainability Discourse and Practice**. Journal of Industrial Ecology.

EMF – ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Conceitos**. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular/conceito>. Acesso em: 29 ago. 2020.

EMF - ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **The circular economy opportunity for urban & industrial innovation in China**. Circular Economy Perspectives Series, p. 1–166, 2018.

COMMON FORUM e NICOLE. **Land Stewardship - Investing in the Natural, Social and Economic Capital of Industrial Land**. [s.l: s.n.], 2020.

HARCLERODE, M. A.; LAL, P.; MILLER, M. E. **Quantifying Global Impacts to Society from the Consumption of Natural Resources during Environmental Remediation Activities**. Journal of Industrial Ecology, v. 20, n. 3, p. 410–422, 2016.

HOU, D.; AL-TABBAA, A.; HELLINGS, J. **Sustainable site clean up from megaprojects : lessons from London**. v. 168, p. 61–70, 2015.

ISO 18504:2017 (E) - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Soil quality - Sustainable remediation**. v. 2017

SALINAS, V.C.F. **Áreas Contaminadas em São Paulo – Uma Análise crítica de propostas da Operação Urbana Consorciada Bairros do Tamanduateí, Setor Henry Ford**. 2017.

KISS, B. 2020. **Aula de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e Ecodesign**. Fundação Instituto de Administração FIA.

LEU, J.; HOU, D. **Remedial process optimization and sustainability benefits**. [s.l.] Elsevier Inc., 2020.

MUSANGO, J, K; CURRIE, P; ROBINSON, B. **Urban metabolism for resource efficient cities: from theory to implementation**. Paris: UN Environment, p. 1–40, 2017.

New York Times, 2018. **In London, Olympic Park's Legacy Is Sustainability**. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2018/10/09/business/london-olympic-park.html>. Acessado em: 09 set. 2020

ROMEIRO, A. R. **Desenvolvimento sustentável: Uma perspectiva econômicoecológica**. Estudos Avançados, v. 26, n. 74, p. 65–92, 2012.

SÁNCHEZ., L. E. **Desengenharia. O passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais**. Encyclopedia of Environment and Society, p. 1–5, 2001.

SEPA – Scottish Environment Protection Agency. **Regulatory guidance promoting the sustainable reuse of Greenfield soils in construction Acknowledgments**. n. Março, 2010.

SURF UK - The Sustainable Remediation Forum for the UK. **Supplementary Report 1 of the SuRF-UK Framework: A General Approach to Sustainability Assessment for Use in Achieving Sustainable Remediation Contaminated Land: Applications in Real Environments (CL:AIRE)**. [s.l: s.n.], 2020a.

SURF UK- The Sustainable Remediation Forum for the UK **Supplementary Report 2 of the SuRF-UK Framework: Selection of Indicators/Criteria for Use in Sustainability Assessment for Achieving Sustainable Remediation Contaminated Land: Applications in Real Environments (CL:AIRE)**. [s.l: s.n.], 2020b.

SURF UK- The Sustainable Remediation Forum for the UK. **Sustainable Remediation White Paper — Integrating Sustainable Principles, Practices, and Metrics into Remediation Projects**. 2009.

ODA – Olympic Delivery Authority. **Global Remediation Strategy: Olympic, Paralympic & Legacy Transformation Planning Applications, Site Preparation Planning Application**. Londres, 2007

ODA - Olympic Delivery Authority. **CZ4 Ground Contamination Remediation Human Health Validation Report**. Londres, 2008

The Guardian, 2012. **London's Olympic Park – before and after**. Disponível em: <https://www.theguardian.com/sport/interactive/2012/jul/27/olympic-regeneration-legacy-stratford> Acessado em: 11 Set.2020

PACE - Platform for Accelerating the Circular Economy. **The Circularity Gap Report: Closing the Circularity Gap in a 9% World**. Circle Economy, p. 56, 2019.