

A GESTÃO DE RESÍDUOS DE DESASTRES NATURAIS: Uma abordagem do reuso após enchentes

DISASTER DEBRIS MANAGEMENT: An approach of reuse after floods

ORTIZ, Hamilton Yair; Estudante de Doutorado em Design; Universidade de São Paulo

hyortizc@usp.br

BARBOSA, Lara Leite; Professora Associada; Universidade de São Paulo

barbosall@usp.br

Resumo

Este artigo se desenvolve desde o contexto desafiador dos desastres naturais para a disciplina do design, principalmente em contextos de enchentes e na etapa de resposta e reconstrução. Em vista das recentes tragédias registradas no Brasil e na América Latina, se faz prioritário revisar os estudos que tenham documentado análises destes cenários. O propósito do trabalho é enunciar uma lógica de design de processos produtivos que valorizem as capacidades dos materiais e os recursos, mesmo quanto atingidos pela ação da natureza. Assim, foram estudadas configurações de geração de energia, reciclagem, e complementadas com premissas, categorias de separação e ideias de infraestrutura que possa funcionar de maneira sinérgica e ecologicamente otimizada. Como conclusão, encontra-se a necessidade de modelar técnica e economicamente esta proposta, e avaliar sua aplicação não só ao cenário de desastres, mas também para minimizar a quantidade de resíduos mesclados incorretamente em lixões.

Palavras Chave: gestão de detritos; resposta a desastres; reuso.

Abstract

This article develops from the challenging context of natural disasters for the design discipline, especially in flood contexts and in the response and reconstruction stage. In view of the recent tragedies in Brazil and Latin America, it is a priority to review the studies that have documented analyses of these scenarios. The purpose of the work is to set out a logic for designing production processes that value the capabilities of materials and resources, even when they were affected by the action of nature. Energy generation and recycling configurations were studied, complemented by premises, separation categories and infrastructure ideas that can work in synergy and with an ecologically optimized way. In conclusion, there is a need of modelling technically and economically this proposal and evaluate its application not only to disaster scenarios, but also to minimize the amount of improperly mixed waste in rubbish dumps.

Keywords: debris management; disaster response; reuse.

1 Introdução

O ambiente futuro da biosfera e as sociedades é inevitavelmente um cenário de profundas mudanças climáticas, escassez de recursos e colapsos localizados. Embora exista vasta bibliografia sobre as alternativas da transição energética para alcançar neutralidade de emissões, poucos estudos documentam a realidade de não atingimento das metas multilaterais de redução do impacto antrópico, e há pouco trabalho também que analise as alternativas de regeneração pós desastres naturais, embora sejam cada vez mais recorrentes.

No evento de um desastre natural, além dos danos diretos à comunidade atingida, desde perdas humanas a prejuízos materiais, grande quantidade de resíduos sólidos é gerada (BROWN; MILKE; SEVILLE, 2011). Planos de gestão de resíduos sólidos gerados em desastres raramente existem.

Segundo Mattedi (2009), o risco em eventos de desastres naturais é determinado pela possibilidade de ocorrência do fenômeno e pela magnitude dos danos ou consequências sociais sobre um determinado grupo, aumentando conforme a vulnerabilidade cresce. A vulnerabilidade resulta da interação de contextos ambientais, econômicos e sociais, que leva à exposição aos riscos, incapacidade de resposta e dificuldade de adaptação (Nazareno, Junior & Ignácio, 2012; Marandola & Hogan, 2009; Cutter, Mitchell & Scott, 2000). Lourenço (2015) destaca que, além da exposição, sensibilidade e capacidade de antecipação e resposta ao evento são fatores críticos.

Para uma gestão adequada de resíduos pós-desastre, é essencial considerar a capacidade de disposição final e as opções de tratamento, reciclagem e reuso dos resíduos sólidos. Periathamby, Hamid e Sakai (2012) afirmam que aspectos como acessibilidade das instalações, perigos ambientais, recursos financeiros, mão de obra disponível, responsabilidades éticas e legais e condições de transporte determinam a eficácia da gestão. Mendiondo (2005) revela que 95% dos custos em desastres naturais são destinados ao "pós-evento", uma tendência que precisa ser revista, pois cada real investido em prevenção economiza cerca de R\$25,00 em reconstrução (Kobiyama et al., 2006).

Além disso, os resíduos gerados em desastres naturais, como restos de árvores, sedimentos, resíduos perigosos domiciliares, resíduos de construção, produtos químicos industriais, veículos, resíduos recicláveis e eletrônicos (Brown & Milke, 2016; Brown, Milke & Seville, 2011; Reinhart & McCreanor, 1999), variam conforme o evento e influenciam na escolha das estratégias de gerenciamento. A Lei municipal nº 10.534/12 classifica resíduos sólidos especiais e exige procedimentos específicos de manejo e destinação, conforme normas técnicas da SLU que não são citadas.

Ainda há muitas dúvidas sobre as técnicas ideais para gerenciar resíduos pós-desastre, sem consenso ou orientação clara sobre a aplicação dessas opções (Brown, Milke & Seville, 2011; Cantanhede et al., 2005). A variabilidade dos desastres, limitações de tempo e dificuldades de acesso a dados tornam o estudo dessas técnicas desafiador. A pressa em limpar áreas afetadas pode resultar em condições inadequadas de disposição temporária e segregação incorreta de resíduos, inibindo a reutilização e elevando custos e tempo de execução (Milke, 2011). Áreas de armazenamento temporário são fundamentais para permitir a separação adequada e posterior reciclagem e destinação final dos resíduos (Brown, Milke & Seville, 2011).

Encontra-se a necessidade então de propor metodologias de criação de processos regenerativos adequados aos contextos e territórios atingidos por desastres naturais. Para tal, é

necessário considerar a capacidade socio-técnica dos sistemas comunitários e seu interesse de participar de iniciativas autônomas, colaborativas e inovadoras, mesmo fragilizados pelos desastrosos impactos de um desastre.

É destacável notar que na América Latina, pouco tem se avançado a nível de estado na proposta de alternativas concretas, além da tentativa de aplicar modelos existentes em outras regiões. No entanto, algumas iniciativas pós-desenvolvimentistas¹ alimentam a esperança de processos de regeneração plurais, diversos e equitativos, que se preocupem das necessidades básicas, como abastecimento, esgotamento sanitário e qualidade ambiental. Enxerga-se uma tentativa de passagem de desenvolvimentos alternativos a alternativas ao desenvolvimento desde uma perspectiva ética.

Com relação à mobilização de comunidades, destaca-se o conceito de “construção social de prevenção” em que as comunidades constroem, por conta própria, medidas preventivas diante de recorrentes riscos. Tais medidas alteram de forma permanente aspectos da cultura e organização de comunidades afetadas, ao ponto que há implementação de práticas adaptativas, na tentativa de diminuir a vulnerabilidade diante de tais eventos (GARCÍA-ACOSTA, 2015)

Um componente importante do trabalho, é introduzir categorias e estratégias de reuso de materiais e objetos como possibilidade e como fenômeno socioambiental e sociotécnico. Partira-se de um postulado ecológico, onde o reuso se apresenta como vetor de mitigação e resiliência ambiental.

Em resumo, este trabalho é uma introdução à pergunta: **como serão os novos mundos que construiremos a partir das ruínas?** Espera-se que a resposta venha de uma forma em que se criem ferramentas de agência de transformação e critérios de exigência daquilo que consumimos, a forma como o utilizamos, e como lidamos com o fim da vida útil -mesmo que repentino-, e por último, quais são os resíduos dos resíduos que precisarão maior pesquisa e radicalismo.

2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é traçar propostas de **como desenvolver processos produtivos regenerativos de reutilização de materiais no contexto de um desastre natural?**

Como objetivos específicos, se incluem:

- Propor uma metodologia de design não de produtos, mas de processos produtivos. Uma mudança desde o desenvolvimento de produtos a funções e serviços convivenciais e de comunidades autônomas.
- Discutir a necessidade de espaços de trabalho para classificação, beneficiamento e fabricação a partir de materiais recicláveis e não recicláveis, como um potencial serviço público.
- Propor uma caracterização do potencial de reuso de materiais e resíduos: propriedades avançadas de classificação e estimação de valor.
- Introduzir os parâmetros de modelagem de soluções viáveis desde diferentes perspectivas (econômica, social e ambiental principalmente).

¹ “Pós-desenvolvimento” é um contratermo que comporta uma série de críticas sistêmicas e maneiras de viver para além do paradigma do desenvolvimento.

3 Abordagem e metodologia

A metodologia está estruturada nas seguintes fases:

1. Revisão bibliográfica de abordagens, metodologias e conceitos aplicáveis à solução do problema de pesquisa;
2. Caracterização geral dos resíduos gerados e recebidos num contexto de desastre natural;
3. Exploração das alternativas de mitigação, adaptação e resiliência climática, desde o ponto de vista de necessidade de materiais para cada caminho;
4. Elaboração de propostas teóricas de sistemas, equipamentos e soluções com possibilidades reais de execução na resposta de desastres;
5. Definição das propostas de reuso como auxílio na resposta a emergências.

O modelo conceitual para orientar a pesquisa, aborda aspectos de diversas ciências, como ecologia, física, engenharia, ciências da terra, entre outras.

4 Descrição do problema: revisão de precedentes

O período pós-desastre natural num território atingido ativa imediatamente a necessidade de coleta de resíduos, limpeza, descontaminação e disposição, seja em ambientes com possibilidades de reconstrução ou não. Neste ponto, aparece a importância de contar com uma hierarquia clara de tratamento destes materiais para definir o que deveria e não deveria ser reciclado ou reusado, sob a ótica de indicadores de impacto.

A viabilidade econômica e social de desenvolver novos processos produtivos a partir do reuso em contextos "normais" tende a ser positiva, porém no cenário de desastres praticamente não há registros, por ser necessária a resposta rápida. Cobre importância então estudar as componentes de uma política pública de reuso de materiais e objetos, considerando também a possibilidade destas ações acontecer autonomamente, independente do poder público.

O problema parte também de reconhecer o papel do reuso como princípio fundamental do design regenerativo: há aplicações em múltiplas escalas, tanto de objetos menores quanto de infraestrutura de maior porte. Esta pesquisa pretende estudar os principais aspectos facilitadores e as principais barreiras para o desenvolvimento do reuso como estratégia nesse contexto.

Materiais contaminados e/ou gravemente afetados em sua integridade, devem contar com abordagens próprias, que evitem ao máximo a superlotação de aterros e lixões. Neste âmbito, a recuperação energética com um criterioso planejamento e execução pode ser uma aliada na disposição de materiais e principalmente na resposta aos desastres.

Quando a questão de pesquisa é pensada na escala territorial, avaliando relações entre comunidades e não só entre estado, mercado e cidadãos, percebe-se do conhecimento latino-americano e do Sul, que outro caminho deve emergir, embasado mais na resiliência e na regeneração do que na sustentabilidade: "Reafirmamos a questão: pode o design ser reorientado da sua dependência do mercado para a experimentação criativa de formas, conceitos, territórios e materiais, especialmente quando apropriados por comunidades subalternas que lutam para redefinir os seus projetos de vida de uma forma mutuamente com a Terra?" (Escobar, 2017).

4.1 Paradigmas de design

Os campos do Design relacionados principalmente com o assunto da pesquisa são o Design

para a inovação social, Design para a sustentabilidade, a teoria e prática do design centrado no humano. Trata-se então de um marco de proposição no âmbito da complexidade, por analisar também propriedades emergentes a partir da criatividade.

No livro *Design sem fronteiras* (Barbosa, 2008), se reúnem diretrizes projetuais propostos previamente por Manzini e Vezzoli, e que servem como base para as premissas de desenvolvimento de sistemas deste trabalho. São: i) Redução do consumo energético, ii) Redução do consumo de material, iii) Conservação de recursos e biocompatibilidade, iv) Redução da toxicidade, v) Extensão e intensificação de usos, vi) Extensão da vida material.

Seguindo a linha destas diretrizes, a seguir, listam-se algumas abordagens técnicas adicionais, que embasam as propostas de destinação de materiais que serão apresentadas à frente.

i. Eficiência de recursos

O desenvolvimento social e econômico depende da gestão sustentável dos recursos. A eficiência dos recursos (*resource efficiency*) é um meio proeminente para garantir a gestão sustentável dos recursos naturais. Ao se trabalhar com eficiência de recursos como ferramenta de tomada de decisão é possível definir indicadores corretos para valoração e comparação de alternativas. Por exemplo, quando se estuda a eficiência energética de transporte de resíduos gerados num desastre natural, o indicador de consumo energético por tonelada-quilometro pode nortear a definição dos pontos corretos de triagem, mediante otimização.

Existe documentação sobre casos, oportunidades de negócio e conhecimento consolidado no assunto em portais como o da Rede Global para eficiência de recursos e produção limpa (RECPnet). A partir de definições de eficiência de recursos podem ser modeladas alternativas de infraestrutura de resposta a desastres naturais, caso a caso e contexto a contexto.

ii. Ecologia industrial

A ecologia industrial, na maioria das definições se apresenta como uma visão sistêmica e multidisciplinar das interações entre sistemas industriais e ecológicos; o estudo dos fluxos e transformações de materiais e energia; uma mudança de processos lineares (abertos) para processos cíclicos (fechados), de modo que os resíduos de um setor sejam usados como insumo para outro. É uma abordagem em que se percebe uma orientação para o futuro e na que há uma atividade substancial direcionada ao nível do produto, usando ferramentas como a avaliação do ciclo de vida e o projeto bio-orientado utilizando estratégias como a prevenção da poluição.

É a partir de princípios e metodologias de ecologia industrial que puderam ser propostos e construídos os chamados Eco-Parques Industriais. O parque eco-industrial de Kalundborg, na Dinamarca representa uma tentativa de criar um sistema industrial altamente integrado sistema industrial altamente integrado que otimiza o uso de subprodutos e minimiza os resíduos que saem do sistema. Considera-se relevante utilizar modelagens sistêmicas de alternativas de disposição de resíduos, para valorar e compreender melhor os fluxos de massa e energia nas diferentes configurações possíveis.

iii. Reuso e upcycling

O reuso, reutilização ou reaproveitamento tem sido associado academicamente com o termo *upcycling*, que é um termo guarda-chuva para se referir às estratégias de Gestão de Resíduos que permitem reusar os resíduos disponíveis para construir produtos e infraestrutura reduzindo a demanda de matéria prima nova, e sem percorrer necessariamente o caminho da reciclagem. Por essa característica do uso dos materiais com processos produtivos menos energo-intensivos, o reuso

é uma prática que ajuda a combater as mudanças climáticas. É por tanto uma alternativa complementar à reciclagem e sua prática está fortemente ligada a outras práticas como o reparo e a remanufatura.

Desde o reuso, a disciplina do design pode explorar possibilidades para atender necessidades básicas: vestuário, mobiliário, iluminação, pequenos veículos, abrigos; todos estes itens necessários para o contexto pós desastre. Entendendo que o cenário de desastre é agressivo em termos emocionais e psicológicos, esse trabalho propõe que o reuso seja um caminho de reconstrução também do tecido social e de recuperação do que foi afetado, por meio do trabalho.

iv. Design sistêmico: "Regeneração biorregional"

A questão de resposta a desastres com objetivos de regeneração implica um desafio para o design. Segundo Barbosa (2008) no aspecto de sobrevivência "O que está em jogo é muito mais a relação emocional do que a lógica". Para Daniel Wahl (2016): "Uma cultura humana regenerativa é saudável, resiliente e adaptável; cuida do planeta e da vida com a consciência de que esta é a maneira mais eficaz de criar um futuro próspero para toda a humanidade". Por ser o design uma disciplina que reúne a teoria e a prática, ele permite que sejam avaliadas as necessidades humanas que precisam ser atendidas e as possibilidades materiais de consegui-lo.

Embora em cada tipo de desastre e em cada região afetada seja uma realidade diferente, este trabalho busca reunir informação útil para cenários principalmente pós enchentes que possam ser evoluídos em posteriores trabalhos para outros tipos de desastres e inclusive para infraestrutura permanente. O contexto é o mundo chamado de subdesenvolvido ou em vias de desenvolvimento.

v. Pós-desenvolvimento

O pós-desenvolvimento busca ajudar a estabelecer as condições a partir das quais outro caminho para um futuro viável é criado, principalmente compreendendo postulados dos povos indígenas do Sul Global. O pós-desenvolvimento conecta-se diretamente à decolonialidade. Há uma vasta literatura sobre o paradigma do desenvolvimento como modelo único, da qual se destaca a confluência em construirmos uma ideia coletiva de Pluriverso, "um mundo onde caibam muitos mundos". É importante que os cenários de reconstrução considerem os parâmetros e práticas que levaram a deficiências sistêmicas no mundo desenvolvido, e aprender destes erros para reconstruir alternativas comunitárias mais robustas.

Significa isto uma mudança de rumo, que permita compreender o bem-estar de uma forma mais ampla, que considere os riscos aos que estamos expostos na atualidade, num momento menos previsível.

vi. Refazer/desfazer

Tony Fry cita que "Desfazimento não significa apenas a desmontagem de um objeto ou estrutura para recuperar material para reutilização. Também significa desfazer valores, hábitos, crenças, afiliações e conhecimentos que impedem a atuação contra a insustentabilidade e a favor da sustentabilidade. Da mesma forma, refazer não se trata apenas de reparo, adaptação ou reuso adaptativo. Também envolve refazer culturas de aprendizado, ecologias sociais, relações para sustentar tradições do passado e muito mais. Ambas as práticas precisam ser reconhecidas e desenvolvidas". Esta definição de Fry permite estabelecer que o reuso é um conceito que pode aproximar tanto o mundo material quanto o tecido social. A ação de desmontar, reutilizar para fins diferentes e construir temporariamente é um exercício de análise sobre as coisas que adquirimos para suprir nossas necessidades, e a forma de nos relacionar com os objetos e as soluções que oferecem.

5 Caracterização dos resíduos

De maneira geral, os relatórios globais sobre resíduos citam, por exemplo, categorias como material orgânico, papel, plástico, vidro, metal e outros. Estas categorias estão relacionadas ao valor percebido da reciclagem, uma indústria relativamente madura. É possível ver as diferenças na composição dos resíduos de acordo com o nível de renda de regiões em cenários de "normalidade". É notável que quanto menor a renda, maior a taxa de resíduos orgânicos e menor a taxa de vidro, plástico, metal e papel.

Até agora, todos os dados disponíveis e confiáveis relatam, nos melhores casos, informação como: composição, densidade, teor de umidade e Poder Calorífico Inferior. Estas são informações principalmente importantes para dimensionar sistemas de reciclagem ou incineração, mas não permitem identificar potenciais de reuso.

Os resíduos sólidos gerados em um desastre natural são, geralmente, caracterizados como: restos de árvores e resíduos vegetais, sedimento (areia e terra), solo (concreto e cimento), rochas, resíduos domiciliares perigosos (óleos, pesticidas, medicamentos, etc.), resíduos da construção civil e demolição, produtos químicos industriais e tóxicos, veículos, barcos, resíduos recicláveis (plásticos, metais, etc.), resíduos eletrônicos e eletrodomésticos, cadáveres humanos e de animais (BROWN; MILKE, 2016; BROWN; MILKE; SEVILLE, 2011; REINHART; MCCREANOR, 1999). Em situações de normalidade, a maioria destes resíduos corresponde à classificação de resíduos da construção civil e demolição, em que muitos dos seus componentes podem ser reciclados.

5.1 A escala do problema em perspectiva

Apresentam-se alguns indicadores e referências importantes para compreensão do problema.

- **Massa e vazão mássica:** Estudo feito por pesquisadores da Universidade do Rio Grande do Sul e da ONU Meio Ambiente prevê uma geração de resíduos das enchentes de maio de 2024 da ordem de 47 milhões de toneladas. Em média estimou-se que pode ser gerado um caminhão de resíduos por casa alagada.
- **Composição em porcentagem:** Em estudo sobre uma enchente na Itália, foi caracterizada uma composição média de RSU não especificados de cerca de 84%, resíduos volumosos, cerca de 15% e 1% restante de resíduos elétricos e eletroeletrônicos (WEEE). O fluxo de materiais, neste caso conhecidos como "*debris*" está sujeito a uma macro-seleção prévia, realizada pelos cidadãos para a separação de resíduos volumosos e WEEE. A triagem manual reduz a quantidade de resíduos para descarte em aterros sanitários numa porcentagem que pode oscilar entre 0 e 20%.
- **Propriedades mecânicas e termodinâmicas:** Por ser uma diversidade de materiais completamente misturados com água e alta carga de sedimentos (lama, terra), o poder calorífico tende a ser baixo, inferior a uma biomassa residual agrícola por exemplo. No entanto, a presença de plásticos de resíduo municipal aumenta o poder calorífico, ao mesmo tempo que situa estes resíduos no polêmico caminho da geração de energia por meio da queima (*Waste-to-energy* via incineração).

É difícil determinar propriedades termodinâmicas por ser matéria tão heterogênea. Estudos de geofísica conseguem mapear as características de fluxo dos materiais: propriedades como a densidade (2.500 a 3.000 kg/m³), o tamanho médio de partículas, e propriedades mecânicas que auxiliariam na elaboração de modelos para prever o deslocamento de correntes de água e sedimentos, como viscosidade e compressibilidade (Iverson, 1998).

Já para estimar propriedades termodinâmicas, é necessário conduzir análises gravimétricas

e químicas, praticamente ausentes na literatura.

5.2 Resíduos gerados e resíduos recebidos

Já foi citada a composição dos resíduos gerados em contextos de inundação, e que podem ser inutilizados na sua forma original, como materiais absorventes, eletroeletrônicos, alimentos, resíduos domiciliares, entre outros. Para alguns destes materiais são elencadas oportunidades de tratamento na seção seguinte.

Ainda há lacunas de informação a respeito das técnicas e logística ideais a serem empregadas no gerenciamento desses resíduos, não havendo um consenso e pouca ou nenhuma orientação sobre como essas opções podem ser integradas num âmbito pós-desastre. Sobretudo, questões como a variabilidade dos desastres, limitações de tempo e dificuldades no acesso aos dados tornam difícil o estudo das referidas técnicas (BROWN, MILKE, SEVILLE, 2011; CANTANHEDE et al., 2005).

“Nós optamos por uma nova alternativa: identificar locais potenciais para o recebimento desse material inerte. Uma coisa muito importante. Não misturar aquele resíduo comum, hospitalar eletrônico, com esse resíduo madeira, concreto da construção civil para que a gente possa dispor, segregar e reaproveitar no futuro pelo quantitativo”, fala a secretária de Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul, Marjorie Kauffmann.

Ainda há uma quantidade (em princípio marginal) de resíduos recebidos, pelas campanhas de solidariedade que se ativam no momento de um desastre. Estes materiais são basicamente os mesmos que são gerados localmente, e podem ser identificados como têxteis (roupa e calçado em más condições ou inadequados para o cenário), alimentos fora da validade, e embalagens de único uso. Neste quesito é muito importante a divulgação de diretrizes para o direcionamento de doações para não piorar o problema.

5.3 Classificação por tipo de ação

A geração de resíduos é um problema globalmente presente e sofrido no nível local de forma material. Portanto, é pertinente uma categorização dos caminhos de gestão de resíduos com filtro no tipo de ação de gestão, tanto no ambiente pós desastre natural quando em condições normais. O Quadro 1 apresenta uma proposta inicial destas categorias.

Quadro 1. Ações ou estratégias para gestão de resíduos.

Ação/Estratégia	Exemplos de materiais e objetos
Restauração	Aparelhos elétricos, aparelhos eletrônicos maiores e menores, roupas e calçado não contaminado.
Reuso, Reutilização e upcycling	Materiais de construção, Cabos e fios, Aparelhos e peças eletrônicas, livros e revistas não contaminados, Mídia impressa, Veículos e peças, Brinquedos e jogos, Máquinas e eletrodomésticos, Móveis, têxteis, calçados e confecções não contaminados
Trituração ou prensagem para reciclagem	Latas, Recipientes de plástico, Plásticos duros, Recipientes de vidro, Papel e papelão recicláveis e secos, sucata de aço, alumínio e cobre.
Britagem	Materiais de construção afetados: paredes, tijolos, e entulho de maneira geral
Queima controlada em caldeiras	Resíduos de objetos afetados pela água e lama: têxteis e roupa contaminada, estofados e tapetes, papel e papelão afetado pela água ou lama, móveis e detritos de madeira usinada (como portas, esquadrias, vigas, com ou sem pintura), MDF e outras madeiras pós-processadas, livros, papel e papelão. Todos com prévia separação de metais e se possível de plásticos, seca e triturada.
Incineração	Resíduos médicos e hospitalares, cadáveres humanos e animais.
Compostagem	Folhas e restos de plantas, Resíduos agrícolas, Resíduos vegetais em centrais de abastecimento, resíduos de alimentos perecíveis, lama e sedimentos.

6 De menos a mais: A adaptação, mitigação e resiliência climática em gestão de resíduos

Um aspecto importante para a resposta a desastres é o reconhecimento de resíduos sólidos como bem econômico e de valor social, gerador de trabalho, renda e promotor de saúde. Brown, Milke e Seville (2011) afirmam não haver estudos conclusivos com avaliações qualitativas sobre a viabilidade da reciclagem dos resíduos sólidos gerados em desastres naturais, no entanto, há apontamentos de que alguns componentes possam ser reciclados e utilizados, por exemplo, na cobertura de aterros sanitários, como material vegetal para compostagem e na estabilização de taludes, entre outros. Programas bem-sucedidos de reciclagem exigem planos de prévio de gestão, bem estruturados, além de políticas claras e aplicáveis (BROWN; MILKE, 2016).

Levando em consideração que os colapsos localizados são iminentes, e que suas consequências podem ser de magnitudes estaduais, como é o caso do Rio Grande do Sul, é importante estabelecer premissas demonstradas cientificamente, como diretrizes ou pontos de partida para o desenvolvimento de planos de resposta mais regenerativos.

6.1 Diretrizes

i. Precauções para a não geração de resíduos

É evidente que o acontecimento de um desastre não permite muito tempo para ações de recuperação de objetos, e nem sempre é fácil achar um lugar ou uma estratégia para resguardar os bens. Principalmente em contextos de precariedade, nem os objetos nem as casas estão preparadas para um desastre. No entanto, há recomendações objetivas e diretas sobre cuidados para evitar que um objeto se danifique e vire resíduo podem ser divulgadas amplamente, chamando inclusive ao conhecimento popular como grande detentor de conhecimento prático.

ii. Estabilização de materiais tóxicos

As práticas de reuso e reciclagem precisam ajudar a lidar com a eliminação de materiais e objetos com componentes tóxicos que causam riscos à saúde ao entrar em contato com a terra ou a água. Isso requer a redução da mistura de materiais em configurações que não permitam a reutilização.

iii. Autossuficiência

Como princípio, as instalações de reuso se beneficiam da autossuficiência de recursos, por isso é importante a adoção de tecnologias de energia renovável e reutilização de água, como mínimo. Uma instalação autossuficiente precisa considerar fornecimento regular de energia, água, peças de reposição, materiais de pintura, peças eletrônicas chave, entre outros.

Manzini divide em três tipos as mudanças para a sustentabilidade: eficiência, onde a mudança técnica é maior do que a cultural; suficiência, onde a mudança cultural é maior do que a técnica; eficácia, onde há o equilíbrio entre ambas. Sugere para esta última, produtos e serviços ecoeficientes, considerando a desmaterialização e a não interferência (Manzini, 2002).

iv. Multiplicidade de configurações e tamanhos

Centros de reuso podem existir em armazéns/oficinas, garagens, instalações compartilhadas, instalações móveis, fábricas temporárias ou edifícios públicos, por exemplo. As práticas de reuso cobrem uma enorme variedade de processos, desde a confecção têxtil até a fabricação de máquinas, por exemplo. Quando consideradas as usinas de geração e armazenamento de energia a partir de resíduos, a infraestrutura de resposta pode ter a estala de um Eco Parque Industrial de "emergência".

v. Integração da reciclagem com outras estratégias

A reciclagem é útil e necessária, no entanto, não deve deslocar os processos de tratamento para locais distantes e sim garantir a remanufatura de peças úteis desde os locais de triagem e processamento. É necessário também garantir a classificação dos materiais em categorias de reuso, não apenas pela reciclabilidade; por exemplo, levando em consideração a forma e as características mecânicas dos objetos. Devem ser considerados fatores como: identificação dos equipamentos e fornecedores necessários; identificação de locais de coleta e armazenamento; segregação de resíduos perigosos (REINHART; MCCREANOR, 1999).

vi. Consumo mínimo de energia

Os processos de reuso precisam ser menos intensivos em energia do que a reciclagem e a produção tradicional, e incorporar tecnologias renováveis para sua fabricação (Valero & Valero, 2014). Isso envolve o uso de equipamentos eficientes com práticas operacionais corretas e o incentivo ao uso de matérias-primas naturais, com mínimo uso de energia e recursos. Além disso, os equipamentos e máquinas utilizados precisam ser especificados corretamente para incentivar processos mecânicos e manuais quando viável.

vii. Criação de empregos e profissionalização

O reuso precisa de trabalhadores, pesquisadores, formuladores de políticas, clientes, transportadores, veículos. Isso envolve muitas pessoas trabalhando em serviços ambientais de alto valor. Mesmo quando qualificações são desejáveis, o reuso se baseia em habilidades básicas e simples.

viii. Valorização do conhecimento tradicional

Principalmente no mundo em desenvolvimento e subdesenvolvido, o conhecimento tradicional não é bem compreendido como valioso. O reuso e a reutilização criativa precisam integrar o patrimônio intangível presente em práticas e habilidades locais.

ix. Incentivo à durabilidade

Bens remanufaturados duráveis reduzem os recursos necessários para a produção de novos itens. “A sociedade deve projetar coisas para durar e estender sua vida útil por meio do uso cuidadoso, manutenção e melhorias” (Valero & Valero, 2014). As infraestruturas de resposta às emergências devem ser duráveis e transportáveis, pelo que vale a pena inserir aspectos de design na reconstrução.

x. Otimização do transporte

O fato de minimizar o transporte em veículos com motor de combustão é prioritário. As oportunidades de utilizar equipamentos de transporte elétrico devem ser aproveitados, pela possibilidade de geração de energia com os resíduos gerados, de forma *off grid*.

xi. Planejamento tecnológico

Favorecer processos manuais e mecânicos com alta replicabilidade e acesso. É desejável que processos industriais sejam acionados e/ou incluídos em instalações de reutilização, com design adequado. Além disso, é necessário favorecer redes locais de soluções trabalhando em simbiose.

6.2 A destinação correta: Oportunidades para gestão de resíduos pós-desastre

A Figura 1 apresenta uma proposta de processo de Logística de emergência para recuperação de bens durante e após um desastre natural, por meio de gestão de resíduos. Neste capítulo explicam-se as componentes em três grupos: necessidades basilares, ações de curto prazo e ações estruturantes.

6.2.1. Necessidades basilares

- **Informação:** É fundamental registrar a quantidade e a composição dos resíduos sólidos gerados em desastres naturais, para o desenvolvimento de metodologias adequadas à sua gestão. A informação sobre as possibilidades de aproveitar ou não uma peça que foi afetada é fundamental para segregar os materiais entre o que é útil ainda e o que não. É fundamental que sejam desenvolvidos mecanismos e plataformas de informação que forneçam orientações sobre a resposta aos desastres naturais.

- **Proteção da contaminação da água pelos resíduos, e dos resíduos pela água: O cuidado das coisas.** Em construções térreas o alagamento desafia a integridade pela ação de água contaminada em materiais absorventes. Evidentemente a ação da água em estofados, tecidos, madeiras, tapetes, livros, age na decomposição e compromete a integridade. Também, equipamentos eletrônicos são radicalmente afetados por ação da corrosão. Como orientação, móveis de madeira, objetos absorventes de água e aparelhos eletrônicos devem ser preservados da umidade, quando possível num andar superior ou desmontados e embalados em invólucros impermeáveis. Evitar de todas as formas possíveis a mistura excessiva de resíduos gerados no desastre leva a minimizar o despejo em lixões a céu aberto, que contaminam gravemente o solo e a água. As alternativas apresentadas neste capítulo encontram-se principalmente nos níveis de reuso e não geração de resíduos.

6.2.2. Práticas de impacto (curto prazo)

No contexto de emergência e posterior reconstrução, necessidades básicas como equipamentos e infraestrutura para alimentação, limpeza, armazenamento, convívio e atenção em saúde são sem dúvida prioridades. Recomendam-se aqui alguns caminhos que viabilizem o reuso nas atividades de resposta e posterior subsistência.

- **Triagem**

A segregação de resíduos é um aspecto fundamental para a resiliência climática. Sem desconsiderar a agilidade necessária para evacuar materiais contaminados de áreas residenciais e públicas, podem ser planejados entrepostos ou áreas de armazenamento temporário de resíduos de categorias específicas.

A primeira oportunidade de triagem, quando o evento o permite, é a “salvação” de objetos da ação da enchente, processo que se dá no interior dos lares e construções. Compreendendo que existirá uma perda significativa, a emergência em muitos casos obriga a simplesmente sair, com a roupa que se tem no corpo. No caso de contar com algumas horas, é recomendável manter os objetos que vão ser perdidos dentro das residências até passar o período da enchente e o nível da água baixar; isto para evitar o arrasto de materiais que podem piorar a drenagem e a posterior limpeza.

Já na etapa de resposta, quando os sistemas de coleta podem ser reativados, é comum encontrar que a população coloque os materiais afetados nas ruas, para ser recolhidos pelas organizações de defesa civil ou as prefeituras. Neste momento é necessário definir os pontos intermediários de armazenamento e triagem, e orientar a coleta e transporte específicos dos materiais, principalmente separando os reusáveis e recicláveis daqueles completamente afetados e contaminados (como os materiais absorventes e hidrocópicos).

O trabalho de Amato et. al (2019) estudou três cenários de resposta a enchentes, e confirmou por análise de Ciclo de Vida (LCA) e projeção econômica que o melhor desenho é um que inclua locais de armazenamento e redução temporária de detritos (TDSRS²), onde são movimentados mecanicamente, triturados e os metais são separados. Este tratamento reduz o volume e a quantidade de viagens necessárias para levar os materiais desde estas estações aos próximos estágios. É evidente, portanto, que processos de triagem devem ser estabelecidos nos TDSRS.

- **Lavagem**

Ainda nos locais temporários é importante contar com infraestrutura de lavagem de materiais que tenham sido afetados por lama e sujeira por ação da enchente. Por exemplo no caso de eletroeletrônicos grandes, como geladeiras, fogões e máquinas de lavar, percebe-se que podem ser recuperadas com lavagem e possíveis reparos, antes de chegar a corroer. Sistemas portáteis de lavadoras a pressão podem ser a solução mais eficiente, quando funcionam com água de reuso. Também a lavagem nas esteiras de separação pode ajudar na higienização de materiais úteis.

- **Segregação de materiais de construção civil e solo para cobertura de aterro**

Resíduos civis das construções afetadas, e que não contenham materiais recicláveis podem ser separados por vibração mecânica para posterior trituração, e outros materiais menos densos como a lama e pedras destinada como cobertura de aterros sanitários.

² Do ingles *Temporary Debris Storage and Reduction Site*

• Trituração/britagem

Maquinário de trituração de materiais sólidos é uma necessidade importante para reduzir o volume dos materiais coletados. Existem diferentes tecnologias de moinhos mecânicos com diferentes tamanhos de partícula, que podem ser planejados em paralelo, após a etapa de triagem. O Quadro 2 apresenta algumas premissas de design para estes sistemas.

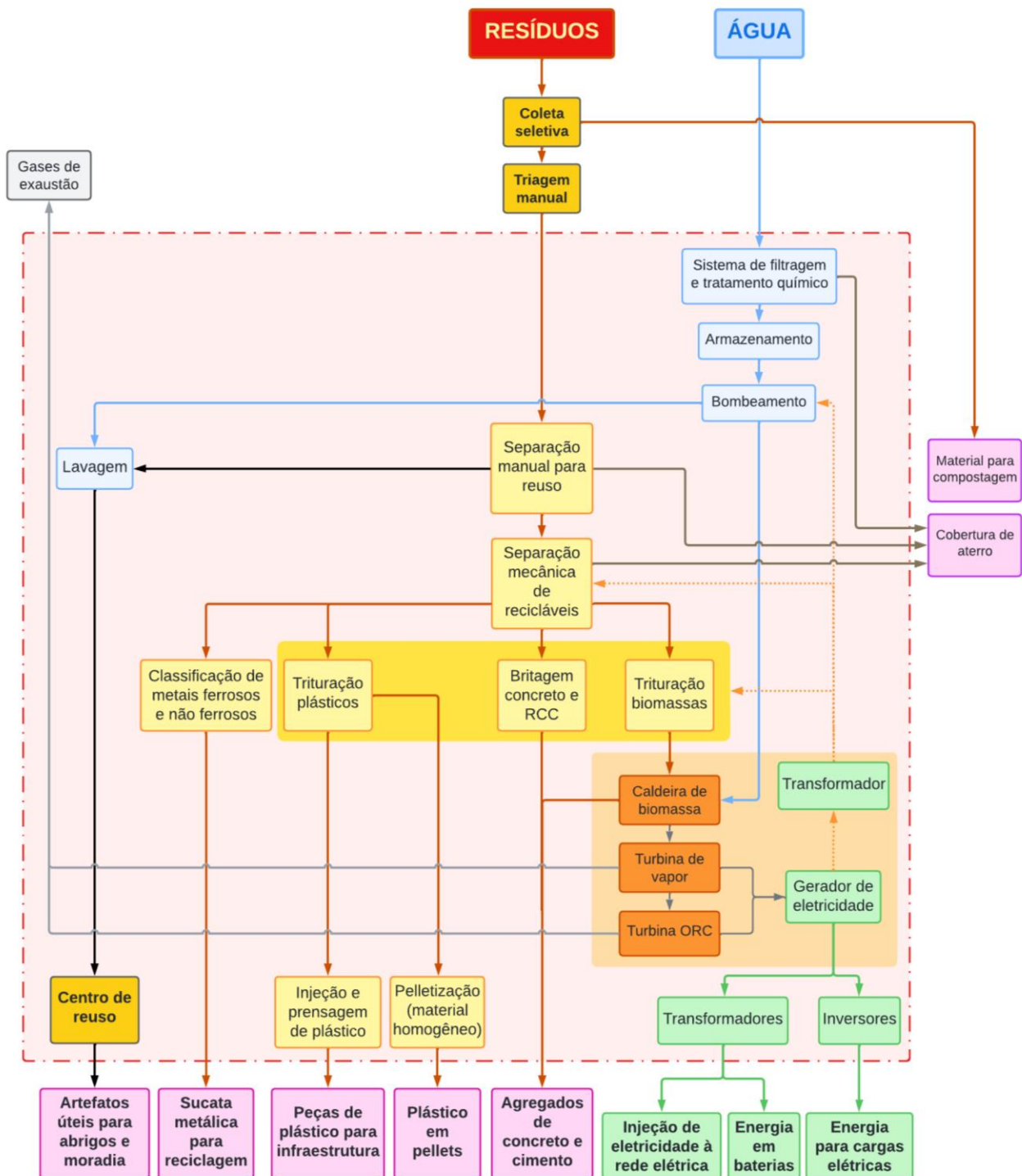


Figura 1. Diagrama de fluxo de processos: sistemas de gestão de resíduos em desastres naturais

Quadro 2. Premissas de trituração de materiais específicos

<p>Madeira processada</p>	<p>A madeira deve idealmente ser secada previamente à trituração. Devem ser planejadas bateladas de trituração de materiais homogêneos (madeira pura, MDFs, compensados, etc.), para evitar a mistura de componentes não desejados.</p>
<p>Material vegetal para compostagem</p>	<p>Galhos, troncos, folhas, raízes e outros resíduos vegetais afetados pelas enchentes podem ser triturados para facilitar sua decomposição em pátios de compostagem, com o objetivo de recuperação de solo em áreas degradadas.</p>
<p>Agregados para concreto</p>	<p>Da mesma forma que resíduos da construção civil de caçambas são convertidos em brita em processos de trituração, no cenário de desastre podem ser ativadas unidades modulares para o mesmo fim, tendo em vista da necessidade de material para reconstrução.</p>
<p>Têxteis-estofados</p>	<p>No caso dos têxteis, por serem absorventes de umidade, e por consequência bactérias e vetores de doenças, devem ser higienizadas propriamente prévio à trituração. A trituração tem o objetivo principal de reuso de fibras secas não contaminadas para fins de preenchimento de almofadas e colchões, por exemplo, mas também pode atender a trituração pré-queima em caldeiras, caso em que a higienização não precisa ser tão exaustiva.</p>

- **Reciclagem**

Plástico: Os plásticos (principalmente plásticos duros, expandidos e espumas) devem ser separados e higienizados previamente à trituração, que pode ser efetuada por trituradoras mecânicas de diversos tipos e tamanhos. A reciclagem de plásticos duros permite a construção de infraestrutura para a reconstrução, como abrigos temporários, em vigas, tijolos, telhas e outras peças. Por este motivo é importante a separação por tipo de plástico, principalmente materiais como o PET, PP e PEAD.

Metais ferrosos e não ferrosos: da mesma forma que os plásticos, os metais ferrosos (sucata de ferro e aço) e não ferrosos (sucata de alumínio, cobre e bronze por exemplo), requer uma atenção importante pelo valor agregado destes materiais como insumo de reconstrução. Cabe esclarecer que aqui se sugere a reciclagem de materiais que não tem capacidade de reuso, por deformação ou corrosão.

- **Produção e armazenamento de biomassa**

Algumas biomassas com poder calorífico considerável (principalmente madeiras) podem ser processadas em unidades de tratamento e beneficiamento para serem comercializadas ou utilizadas diretamente como combustível, em formatos de pellets ou cavaco por exemplo. Este processo pode acontecer via trituração unicamente (para maior tamanho de partícula), ou com peletização (materiais de menor tamanho de partícula). Podem ser necessários espaços de armazenamento, que garantam condições de temperatura e umidade, pela alta taxa de materiais deste tipo no pós-desastre.

- **Reuso de materiais e objetos**

Sugere-se a disponibilização de um espaço de trabalho para ação do *upcycling*: as dimensões, localização, equipamentos e serviços auxiliares necessários devem corresponder aos

recursos disponíveis e à disponibilidade de mão de obra. Uma projeção deste tipo de espaço deve ser projetada em futuros estudos, com referências de estudos publicados previamente pelo autor.

6.2.3. Práticas estruturantes

Entre as práticas que podem contribuir à resposta às emergências, citam-se a seguir algumas importantes como início de uma série de oportunidades que podem também ser aplicadas a instalações fixas de destinação de resíduos, para resolução dos lixões a céu aberto por exemplo.

- **Instalações temporárias de resguardo de bens e/ou materiais**

Nas diversas ocasiões de resposta a desastres ao redor do mundo demonstrou-se a importância de contar com espaços habilitados para armazenamento de materiais que ajudem tanto na construção de abrigos temporários e sua operação quanto nas primeiras etapas de reconstrução de infraestrutura de subsistência. Por isso, se coloca como prioridade de solução estruturante preparar uma lógica de ativação destes espaços, que podem ser originalmente espaços de atenção a público, locais de eventos, escolas, entre outros, com segurança e resiliência de atenção a respostas.

- **Infraestrutura de Resposta, Recuperação e Reconstrução.**

Na seção a seguir detalham-se alguns equipamentos e sistemas de infraestrutura de resposta, recuperação e reconstrução a partir do reuso. Embora seja uma possibilidade o uso de materiais da recuperação para construção dessa infraestrutura, é evidente que as ações de resposta podem não conseguir focar os esforços nesta direção e sim na atenção imediata. Por isso, o desenvolvimento destes sistemas do *Quadro 3* poderiam também ser aplicáveis em cenários de estabilidade. Isso permitiria uma experiência na operação dos sistemas que no evento de um desastre aumentariam sua eficiência.

- **Estruturas para autonomia energética**

Entre os principais desafios da resposta a desastres, encontra-se o fornecimento de energia, que pode facilmente ser interrompido num cenário de desastre. Esta seção apresenta uma alternativa de geração de vapor e energia em ciclos combinados de geração de energia, integrados a tecnologias de armazenamento com baterias.

- **Geração de vapor e energia, Armazenamento de energia**

Uma alternativa para a destinação de biomassas orgânicas não compostáveis é a queima controlada em caldeiras para geração de vapor. Esse vapor pode ser utilizado em geração de energia elétrica e as cinzas do processo ser destinadas a indústrias específicas, como agregados de cimento por exemplo.

Com o vapor gerado em caldeiras de biomassa, pode se gerar eletricidade em ciclos combinados de potência tipo *Rankine bottoming*. Trata-se de unidades modulares de pequeno porte que podem ser conectadas em paralelo em caso de necessidade de maior capacidade de geração.

Por exemplo, o governo do Japão anunciou a construção de usinas de energia de biomassa para aumentar a participação de energia renovável e, ao mesmo tempo, descartar os detritos. O estudo de Portugal-Pereira e Lee em 2015 avalia os benefícios econômicos e ambientais de tecnologias avançadas de biomassa para transformação de resíduos em energia, comparando (i) a combustão direta de biomassa tradicional com o sistema combinado de calor e energia tradicional de biomassa com sistema combinado de calor e energia, (ii) gaseificação combinada com motor de

ciclo diesel, (iii) processo *Fischer-Tropsch* combinado com motor de ciclo diesel e (iv) fermentação de biomassa para produção de etanol combustível. Os resultados mostram que a rota de gaseificação é a alternativa moderna mais eficiente em termos de energia e menos cara para a produção de energia, mas a fermentação de biomassa para a produção de etanol é a mais econômica. No entanto, esta última tem um desempenho ambiental pior em comparação com as biorrefinarias de custo mais alto. Por outro lado, a coprodução de combustíveis líquidos e eletricidade resulta em menores impactos ambientais locais, mas o custo unitário da energia produzida é maior do que o da eletricidade.

É de absoluta preocupação que esta geração de energia não inclua resíduos de origem fóssil, como plásticos e borracha, que no cenário tradicional de incineração são materiais que aumentam o poder calorífico, porém agregam uma poluição não aceitável para nenhum entorno. Esse artigo pretende destacar a necessidade da triagem avançada e criteriosa prévia a qualquer sistema de queima de resíduos.

Embora a geração de energia com queima de detritos seja uma alternativa tecnicamente robusta, a implementação incorreta destas configurações pode afetar negativamente o futuro destes sistemas. O projeto de engenharia e a operação destes sistemas deve ser fortemente avaliado e fiscalizado.

- **Estruturas para autonomia hídrica**

Da mesma forma que as enchentes afetam os sistemas elétricos, os sistemas hídricos também se vêem interrompidos pela necessidade de escoar a água da enchente como prioridade, e porque os sistemas hídricos se vêem absolutamente saturados. Neste cenário, é importante contar com infraestrutura portátil e modular de potabilização de água, com processos de limpeza, filtragem e tratamento. No caso da lavagem de materiais, não é necessária a potabilização, mas sim um tratamento simplificado que garanta a integridade dos materiais. Entendendo a forte influência (ou nexos) entre os sistemas hídricos e energéticos, sugere-se avançar na pesquisa de sistemas de tratamento de água modulares para fornecimento de água industrial e potável para comunidades após desastres naturais.

7 O papel do reuso na Resposta, Recuperação e Reconstrução de uma cidade: Infraestrutura.

7.1 Limpeza

Em todos os casos é desejável que instalações de triagem tenham infraestrutura de lavagem com água de reuso e outros insumos de recuperação de materiais e objetos como álcool isopropílico para eletrônicos e desinfetantes para outros materiais. Em ocasiões, aparelhos e artefatos podem ser recuperados só com uma lavagem correta, caso em que tem que ser possível testar o aparelho e proteger aqueles itens que mantem suas propriedades.

7.2 Reparo

Seguindo na rota da limpeza, há aparelhos e objetos que podem ser facilmente reparados. Troca de fusíveis, componentes elétricos, eletrônicos, ferragens, pintura ou outras respostas a perda de características de objetos afetados pode ser um caminho econômico para manter a esperança na reconstrução. Instalações de reparo e restauro de itens são vetores de recuperação da normalidade perdida no desastre.

7.3 Desmontagem

No caso de afetação dos objetos de maneira em que não sejam mais úteis na forma em que

eram originalmente, o passo a seguir é a desmontagem em partes úteis. Usando como exemplo uma geladeira: se ela tiver componentes eletrônicos de controle que foram afetados pela água ou a lama, a geladeira pode ser desmontada para separar a carcaça dos seus componentes como compressor, serpentina, placas eletrônicas, e utilizar a carcaça da geladeira como peça útil para o armazenamento hermético de materiais. Da mesma maneira, móveis ou pertences com peças estruturais úteis (como cantoneiras) podem ser desmontados para preservar partes úteis num cenário de reuso. Um outro exemplo são as estantes de ferro, que em contato com a água podem corroer, mas se desmontados e levados para estações de triagem podem ajudar na classificação e armazenamento de objetos.

7.4 Uso de materiais para instalações de triagem

Um dos desafios mais importantes da destinação de resíduos pós-desastre é a necessidade de limpeza e triagem para aumentar o reaproveitamento. Uma possibilidade pode ser definida a partir do exemplo anterior: a geladeira doméstica. Muitas geladeiras domésticas se danificam numa enchente ou inundação, por causa da água e a lama em contato com circuitos eletrônicos, nas máquinas mais modernas. No caso em que a reparação é muito mais custosa que o próprio equipamento, torna-se inviável o reparo e o material passam a ser um resíduo.

Se da carcaça da geladeira fossem retirados os elementos danificados, pode se utilizar o container da geladeira como móvel para classificação e organização de objetos em estações de triagem pós-desastre. São objetos resistentes e herméticos, que podem comportar uma grande variedade de elementos secos e que não requerem refrigeração. Da mesma forma, toda infraestrutura de armazenamento que possa ser rapidamente reativada, poderia ser destinada a estas estações de triagem, que permitirão obter um maior reaproveitamento do material afetado.

7.5 Materiais para moradia de emergência, ou cidades temporárias

Foram citados critérios e métodos de recuperação de materiais para reuso. Alguns destes materiais podem ser destinados para a construção de soluções de moradia de emergência. Existem casos de construção com blocos de plástico reciclado, de fácil e rápida construção. É importante que as soluções de moradia de emergência utilizem materiais modulares que não se tornem em resíduos após seu uso, e sim em insumos para construção definitiva.

7.6 Infraestrutura e maquinaria de resposta e reconstrução

Citam-se a seguir algumas premissas de design de sistemas para resposta e reconstrução pós desastre, com contribuição das práticas de reuso.

Quadro 3. Premissas de design de equipamentos e sistemas de infraestrutura de resposta e reconstrução

Equipamento / Sistema	Descrição
Lavadora de resíduos com reutilização de água	Em instalações de resposta a emergências podem ser projetados lavadoras mecânicas com água de reuso e produtos de limpeza produzidos localmente. Estas lavadoras podem ser automatizadas e ter uma eficiência energética e hídrica elevada, sob um projeto criterioso.
Prensas caseiras, semi-industriais e Compactadores de plástico	Prensas hidráulicas ou mecânicas para compactação de materiais plásticos em bateladas, para transporte e comercialização mais eficiente.
Compactador de latas de alumínio	Prensas hidráulicas ou mecânicas para compactação de alumínio em batelada, para transporte e comercialização mais eficiente.
Triturador semi-industrial de resíduos	Unidades mecânicas modulares de trituração de resíduos, descentralizadamente e organizadas em redes de produção e armazenamento. Principalmente, consideram-se trituradores separados para os seguintes materiais: Madeira processada, Madeira em estado natural, biomassas, Plástico, Concreto e cimento, Resíduos orgânicos compostáveis, Resíduos orgânicos não compostáveis.
Mochilas e bolsas impermeáveis	Materiais têxteis impermeáveis podem ser utilizados para produção de mochilas e bolsas com projetos adequados para comportar o armazenamento de materiais e objetos.
Roupas e uniformes impermeáveis	Materiais têxteis impermeáveis devem ser utilizados para produção de roupas e uniformes com projetos adequados para comportar a movimentação e o trabalho em cenários de inundação.
Móveis modulares duráveis, impermeáveis e desmontáveis	Metais revestidos, plásticos reciclados e outros materiais com baixa absorção de umidade, podem ser destinados à construção de mobiliário modular que possam ser facilmente desmontados e remontados, para uso em outros locais.
Equipamentos de distribuição elétrica e iluminação	Fios, cabos, tomadas e extensões devem ser separados e classificados para construção de soluções de distribuição de energia elétrica em abrigos e moradias de emergência. Em todos os casos em que seja possível, as lâmpadas e acessórios elétricos devem ser preservados pois serão de grande serventia nas infraestruturas de resposta. O reuso destes materiais é relativamente simples e seu desenvolvimento pode ser incentivado com treinamentos rápidos.
Dispositivos carregadores de baterias	Tanto na pequena escala quanto em demandas maiores, podem ser projetados sistemas de armazenamento de energia para usos específicos, como comunicações ou iluminação. Para este sistema, é necessário um projeto de engenharia para não desaproveitar a capacidade de geração de energia com resíduos e sim aproveitar ao máximo sua disponibilidade com o uso de sistemas de armazenamento, principalmente elétricos.
Módulos de reciclagem	Estruturas de separação de materiais recicláveis são sempre necessárias para evitar a mistura de materiais que precisam ser processados de maneiras diferentes.
Infraestrutura de armazenamento: estantes e prateleiras	Embora pareça simples, contar com estantes e prateleiras para organização de materiais é uma necessidade fundamental e pouco atendida. Vários materiais são úteis para esta função, como madeira, ferro, alumínio e contenedores diversos como geladeiras e freezers. A construção de estantes modulares para armazenamento e classificação de objetos e materiais deve ser uma prioridade para a resposta a emergências.

8 Conclusão

Neste trabalho foram revisados estudos preliminares sobre gestão de resíduos pós-desastres naturais. Encontrou-se literatura que documenta estratégias que priorizam a reciclagem de materiais com este potencial, no entanto, é pouca a evidência de sistemas robustos de reuso de materiais, além das iniciativas individuais dos cidadãos.

Ante a pergunta de “como desenvolver processos produtivos regenerativos de reutilização

de materiais no contexto de um desastre natural?” foi proposta uma abordagem que começa com o fortalecimento de estruturas de informação, introduzidas as características que validam o potencial de reuso de materiais, e em vista dos volumes de geração dos desastres, foram propostas alternativas de geração de energia com resíduos, como prioridade ante a disposição em aterros. Todas as variáveis analisadas passam a ser um marco metodológico mais amplo para preparar estratégias de resposta de maneira resiliente.

Cabe destacar que este artigo se concentrou no maior aproveitamento dos recursos, mesmo num cenário extremamente desafiador. Desta maneira, as estratégias apresentadas aqui podem ser também aplicadas ao desfazimento de lixões e pontos de descarte a céu aberto, presentes globalmente.

Fica como estudo futuro, o mapeamento de capacidades técnicas e aproveitamento de profissões estratégicas que no cenário de resposta podem ser protagonistas para o bem-estar da população atendida.

9 Referências

Amato, A., Gabrielli, F., Spinozzi, F., Magi Galluzzi, L., Balducci, S., & Beolchini, F. (2020). Disaster waste management after flood events. *Journal of Flood Risk Management*, 13(S1), 1–9. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12566>

Brown, C., Milke, M., & Seville, E. (2011) Disaster waste management: A review article. *Waste Management*, 31(6), 1085–1098. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.027>

Brown, C., & Milke, M. (2016). Recycling disaster waste: Feasibility, method and effectiveness. *Resources, Conservation and Recycling*, 106, 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.021>

CANTANHEDE, A.; MONGE, G.; SÁNCHEZ, J.F.; ALVARADO, L.S. (2005). Gestión de residuos sólidos en situaciones de desastres naturales. In: *Gestión de residuos sólidos en situaciones de desastres naturales*. AIDS/DIRSA,.

Cutter, S. L., Mitchell, J. T., & Scott, M. S. (2000). Revealing the Vulnerability of People and Places: A Case Study of Georgetown County, South Carolina. In *Annals of the Association of American Geographers* (Vol. 90, Issue 4).

Escobar, A. (2018). *Designs for the Pluriverse*. Duke University Press.

Kobiyama, M., Mendonça, M., Moreno, D. A., MARCELINO, I. P. V. de O., Marcelino, E. v., Gonçalves, E. F., Brazetti, L. L. P., Goerl, R. F., Mollerl, G. S. F., & RUDORFF, F. de M. (2006). *Prevenção de desastres naturais conceitos básicos*. Organic Trading.

LOURENÇO, L. (2015). Risco, perigo e crise: pragmatismo e contextualização. In: SIQUEIRA, A.; VALENCIO, N.; SIENA, M.; MALAGOLI, M.A. (Orgs.). *Riscos de desastres relacionados à água: aplicabilidade de bases conceituais das Ciências Humanas e Sociais para a análise de casos concretos*. São Carlos: RiMa Editora, p.3-44.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. (2002). *O desenvolvimento de produtos sustentáveis*. Os requisitos

ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Edusp.

MARANDOLA JR, E. Tangenciando a vulnerabilidade. (2009). In: MARANDOLA JR, E.; HOGAN, D.J. (Org.). População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais. Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo/Unicamp; Brasília: UNFPA, p. 29-52.

Mattedi, M.A.; FRANK, B.; SEVEGNANI, L.; BOHN, N. (2009). O desastre se tornou rotina. In: FRANK, B.; SEVEGNANI, L.; TOMASELLI, C.C. Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: água, gente e política. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, p. 13-21.

MENDIONDO, E.M. (2005). Flood risk management of urban waters in humid tropics: early warning, protection and rehabilitation. In: TUCCI, C.E.; GOLDENFUM, J. (Orgs.). Workshop on Integrated Urban Water Management in Humid Tropics, UNESCO IHP-VI, Foz do Iguaçu, p. 1-14.

Milke, M. (2011). Disaster waste management research needs. In Waste Management (Vol. 31, Issue 1, p. 1). <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.09.022>

Nazareno, L., Chaves De Souza, P., Sérgio, J., & Ignácio, A. (2012). Índice de Vulnerabilidade das Famílias Paranaenses: Mensuração a partir do Cadastro Único para Programas Sociais-CadÚnico.

Periathamby, A., Hamid, F. S., & Sakai, S. I. (2012). Disaster waste management challenges. In Waste Management and Research (Vol. 30, Issue 2, pp. 113–114). <https://doi.org/10.1177/0734242X11434630>

Portugal-Pereira, J., & Lee, L. (2016). Economic and environmental benefits of waste-to-energy technologies for debris recovery in disaster-hit Northeast Japan. *Journal of Cleaner Production*, 112(April), 4419–4429. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.083>

Reinhart, D. R., & McCreanor, P. T. (1999). Disaster Debris Management-Planning Tools. <https://www.researchgate.net/publication/237778695>

Valero, A., & Valero, A. (2014). The Destiny of the Earth's A Thermodynamic Cradle-to-Cradle Assessment. October, 672.

WAHL, Daniel Christian, 1972 - Design de culturas regenerativas - 2a edição - Rio de Janeiro, Bambual Editora, 2020. 376p.