

Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos na transição para a Economia Circular

ROSÂNGELA MENDANHA DA VEIGA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

MANFRED FEHR

Introdução

As questões vinculadas aos resíduos sólidos são emergentes, principalmente nos ambientes urbanos. De um lado, diariamente, há um volume a ser coletado e depositado em áreas de disposição final, regulares ou clandestinas; e de outro, cada vez menos espaços adequados para esta finalidade. A solução desta problemática passa pelo planejamento e pela concepção de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos inovadores. A teoria da Economia Circular apresenta elementos para desenvolvê-los.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Problema: Considerando a predominância da Economia Linear, como saltar do modelo de gestão de Resíduos Sólidos Urbanos praticado atualmente para um outro baseado na teoria da Economia Circular? Objetivo: propor um modelo de referência, para subsidiar o planejamento e a concepção de sistemas de gestão e manejo de RSU, nos municípios brasileiros, baseado na teoria da Economia Circular, orientado para a destinação ao invés da disposição final, como uma alternativa ao atual modelo.

Fundamentação Teórica

A Economia Circular é defendida, dentre outros, pelas seguintes escolas de pensamento: Design Regenerativo (Regenerative Design); Economia de Performance (Performance Economy) (Stahel, 2010); Berço ao Berço (Cradle to Cradle) (Braungart & McDonough, 2014); Ecologia Industrial (Industrial Ecology) (Clift & Druckman, 2016); Biomimética (Biomimicry) (Benyus, 2003); Capitalismo Natural (Natural Capitalism) (Hawken, Lovins, & Lovins, 2000); e Economia Azul (Blue Economy) (Pauli, 2010).

Metodologia

Pesquisa aplicada, relacionada ao paradigma epistemológico da Design Science. Os métodos científicos empregados foram: indutivo, dedutivo e abdução; e o método de pesquisa foi Design Science Research (DSR). A aplicabilidade do modelo foi avaliada através de um estudo de caso único, na modalidade caso típico.

Análise dos Resultados

Este trabalho resultou em um artefato projetado, denominado Modelo de Transição. Para chegar a este desfecho, realizou-se a identificação e a análise do Modelo Presente e um estudo de caso único, conduzido no Município de Goiás (Goiás, Brasil), onde a sua aplicabilidade foi avaliada através de uma proposição para o planejamento do sistema municipal de gestão e manejo de resíduos sólidos. Os pontos importantes e as limitações do modelo foram apontadas, para que sirva como referência para futuros estudos acadêmicos e trabalhos técnicos no campo do Planejamento e da Gestão Ambiental.

Conclusão

Tanto no desenvolvimento do Modelo de Transição, quanto na avaliação da sua aplicabilidade, constatou-se que o alcance da Economia Circular requer um período de transição, para que ocorra: a adequação dos instrumentos legais; a obtenção de recursos financeiros; a implantação de infraestrutura; a adoção das tecnologias existentes; a inovação tecnológica; e a mudança de mentalidade por parte dos gestores públicos, do setor privado e da população. Após a transição, é possível eliminar áreas de disposição final, convertendo resíduos sólidos em matéria-prima secundária e rejeitos em energia.

Referências Bibliográficas

Braungart, M. & McDonough, W (2014). Cradle to Cradle: criar e reciclar ilimitadamente. São Paulo, SP: Gustavo Gili Brasil. Ellen MacArthur Foundation (2012). Towards the Circular Economy: economic and business rationale for an accelerated transition. Cowes, UK: Founding Partners of the Ellen MacArthur Foundation. Ministério das Cidades. (2011). Guia para elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico. Brasília, DF. Ministério do Meio Ambiente. (2012). Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação. Brasília, DF: MMA/ICLEI-Brasil.

Palavras Chave

Gestão de resíduos, Modelo de gestão, Processo de gerenciamento

Agradecimento a órgão de fomento

Os autores agradecem o suporte da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA TRANSIÇÃO PARA A ECONOMIA CIRCULAR

INTRODUÇÃO

As questões vinculadas aos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são emergentes. Nos municípios brasileiros, tal qual está organizada a sua gestão atualmente, todos os esforços são dirigidos, predominantemente, para afastar aquilo que se considera lixo dos espaços humanizados sem, contudo, promover a sua completa eliminação, bem como do que lhe deu causa. Apesar da crescente escassez e encarecimento de insumos e matérias-primas e da noção de que os materiais destinados ao lixo podem ser fontes de riqueza, gera-se, principalmente nas áreas urbanas, cada vez mais resíduos, que precisam ser gerenciados e depositados em áreas de disposição final, regulares ou clandestinas, configurando sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos lineares, orientados para a disposição final. Logo, a solução desta problemática requer atuação nos aspectos a eles relacionados (causas) e não somente nos impactos deles decorrentes (consequências). Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais ([ABRELPE]2021), foram geradas 82,5 milhões de toneladas de RSU no Brasil, em 2020. Considerando a taxa de cobertura no mesmo ano (92,2%), foram coletadas 76,1 milhões de toneladas de RSU. Deste total, 60,2% dos RSU tiveram disposição final adequada e foram encaminhados para aterros sanitários. Porém, unidades inadequadas, como aterros controlados e lixões, ainda tinham participação significativa na recepção dos RSU (39,8%). Ressalta-se que a recuperação ambiental das áreas de disposição final é complexa e dispendiosa. Os processos de tratamento de resíduos sólidos são caros e também podem causar impactos ambientais. Os espaços físicos propícios para a construção de aterros sanitários são limitados. Os recursos para a sua implantação são escassos e os custos de operação, além de altos, poderiam ser aplicados em outras áreas de interesse público, como a Saúde, a Educação e a Segurança Pública. Ainda, aterros sanitários, embora tecnicamente corretos, são passivos ambientais.

Visto por essa perspectiva, é preciso encontrar uma forma de evitar a geração de resíduos sólidos ou, na impossibilidade desta, promover a sua valorização e, assim, desviá-los das áreas de disposição final. A revisão da literatura apresentou os pressupostos da Economia Circular (conceito, princípios, fontes de criação de valor e benefícios). A teoria é defendida, dentre outros, pelas seguintes escolas de pensamento: Design Regenerativo (*Regenerative Design*); Economia de Performance (*Performance Economy*) (Stahel, 2010); Berço ao Berço (*Cradle to Cradle*) (Braungart & McDonough, 2014); Ecologia Industrial (*Industrial Ecology*) (Clift & Druckman, 2016); Biomimética (*Biomimicry*) (Benyus, 2003); Capitalismo Natural (Natural Capitalism) (Hawken et al., 2000); e Economia Azul (*Blue Economy*) (Pauli, 2010). Trata-se de uma ideia radical, onde cadeias inteiras de produção precisam ser revistas e transformadas, alterando o design e a fabricação de produtos. A Economia Circular pode, efetivamente, promover tanto a não geração, quanto o aproveitamento dos resíduos sólidos e rejeitos.

Embora em curso, a transição para a Economia Circular será lenta e há muito resíduo nos municípios brasileiros, tanto em circulação quanto acumulado. Assim, há uma questão prática a ser resolvida, requerendo soluções ainda que transitórias. Essas reflexões suscitaram a seguinte percepção: a gestão de RSU nos municípios brasileiros precisa ser adaptada para funcionar em um cenário de transição da Economia Linear para a Circular. Esta constatação definiu o objetivo deste trabalho, que foi propor um modelo de referência, para subsidiar o planejamento e a concepção de sistemas de gestão e manejo de RSU, nos municípios brasileiros, baseado na teoria da Economia Circular, orientado para a destinação ao invés da disposição final, como uma alternativa ao atual modelo.

METODOLOGIA

O tema deste trabalho situa-se na área de Planejamento e Gestão Ambiental Urbana, com um recorte temático na Gestão de RSU, mais especificamente, na modelagem e melhoria do seu processo de gerenciamento.

Para organizar a pesquisa, foi elaborado um plano de trabalho. Nele, além do cronograma e da sequência de etapas a serem cumpridas, foram estabelecidos: a classificação da pesquisa, o paradigma epistemológico, os métodos científicos e de pesquisa, as técnicas e as ferramentas a serem empregadas.

Após a definição do tema e a delimitação do objeto de estudo, e seguindo as etapas estabelecidas no plano de trabalho, foi realizada uma investigação preliminar, através de uma pesquisa exploratória (Gil, 2008), seguida de leitura e análise dos textos e das informações obtidas (Marconi & Lakatos, 2016), o que resultou na formação de um panorama geral e na determinação do problema da pesquisa. A partir dos achados preliminares foi feita uma busca avançada, orientada pelo problema formulado, por meio de pesquisa bibliográfica (Marconi & Lakatos, 2016). O material encontrado foi analisado e empregado na composição da fundamentação teórica, organizada segundo os seguintes temas: Resíduos Sólidos e Economia Circular.

Tendo em vista a configuração da classe de problemas e o conhecimento obtido nas fontes examinadas, foi vislumbrada uma hipótese. Subsequentemente, o objetivo geral foi definido, apontando para o desenvolvimento de um artefato do tipo modelo. Portanto, trata-se de uma pesquisa aplicada, que tem forte relação com o paradigma epistemológico da *Design Science*. Como métodos científicos, dependendo da etapa definida no plano de trabalho, foram aplicados três deles: indutivo, dedutivo e abdução. Como método de pesquisa, foi empregada a *Design Science Research* (DSR) (Dresch et al., 2015).

Identificado o tipo de artefato, buscou-se informações e ferramentas para subsidiar a construção do modelo. A leitura e o estudo de Bunge (1974) permitiram formar um entendimento mais aprofundado a respeito do que vem a ser um “modelo”, enquanto o trabalho de Echenique (1975) ensinou como são classificados os modelos, principalmente aqueles projetados para serem aplicados no Planejamento Urbano.

A Gestão por Processos ou *Business Process Management* (BPM) (Association of Business Process Management Professionals [ABPMP], 2013) foi empregada tanto para conhecer o processo de gerenciamento de RSU predominante nos municípios brasileiros, quanto para alterá-lo, visando atingir o objetivo proposto. BPM baseia-se em nove áreas do conhecimento. Neste trabalho empregou-se as seguintes: (I) Análise de Processos; (II) Desenho de Processos e (III) Modelagem de Processos, considerando a abordagem *Bottom up* (utilizada na análise do modelo de referência adotado atualmente no planejamento e na concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos); e *Top down* (empregada no desenho dos processos, onde foi preciso simplificar e esquematizar conteúdos relativamente complexos, através de fluxogramas). Para a representação gráfica dos processos foi utilizado o *software diagrams.net*. A notação escolhida para padronizar os desenhos foi a *Business Process Model and Notation* (BPMN) (ABPMP, 2013).

Para organizar e sistematizar o desenvolvimento do trabalho, optou-se por uma análise de cenários. Foram esboçados e analisados três cenários, assim denominados: (I) Cidade Reativa, relativo ao contexto atual observado nos municípios brasileiros. Nele, foi identificado e analisado o modelo que tem sido a referência no planejamento e na concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos, bem como os seus respectivos processos de gerenciamento (objeto-modelo m1) (Bunge, 1974), denominado Modelo Presente neste trabalho; (II) Cidade Circular, no qual, a partir da teoria da Economia Circular (Tg) (Bunge, 1974), obteve-se subsídios e ideias para antever o modelo que será a referência no planejamento

e na concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos, denominado Modelo Futuro neste trabalho; e (III) Cidade Transição, cenário no qual foi realizada uma confrontação entre o Modelo Presente e o Modelo Futuro, à luz do conhecimento técnico acumulado no campo da gestão e do gerenciamento de RSU, o que possibilitou a construção do artefato projetado, denominado Modelo de Transição (constituído do objeto-modelo m2 e do modelo teórico Ts) (Bunge, 1974).

Prosseguindo de acordo com o estabelecido no plano de trabalho, o comportamento do Modelo de Transição foi avaliado através de um estudo de caso único, na modalidade caso típico (Gil, 2017), para verificar a sua aplicabilidade. A investigação da unidade-caso seguiu um protocolo, estabelecido com base em roteiros propostos em publicações do Ministério das Cidades ([MC], 2011) para a elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) e pelo Ministério do Meio Ambiente ([MMA], 2012, 2016) para a elaboração de planos de resíduos sólidos.

Após a realização do estudo de caso, a aprendizagem adquirida foi explicitada, destacando-se os pontos de sucesso e de insucesso observados, bem como as limitações da pesquisa, para que ela possa servir como referência para futuros estudos e também para trabalhos técnicos no campo do Planejamento e da Gestão Ambiental.

RESULTADOS

Este trabalho resultou em um artefato projetado, denominado Modelo de Transição. Porém, para chegar a este desfecho, realizou-se, a priori, a identificação e a análise do Modelo Presente e, a posteriori, um estudo de caso, conduzido no Município de Goiás (Goiás, Brasil), onde a aplicabilidade do Modelo de Transição foi avaliada através de uma proposição para o planejamento do sistema municipal de gestão e manejo de resíduos sólidos. Segue a descrição e a discussão destes resultados.

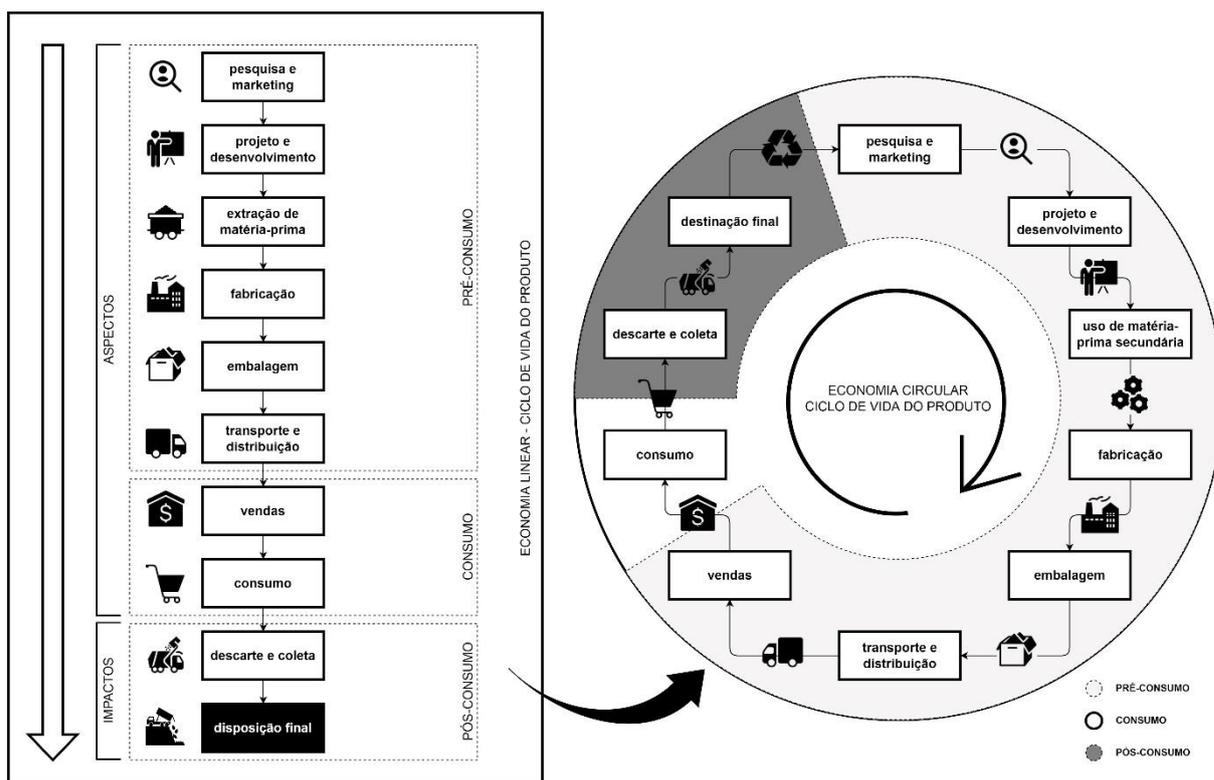
Análise do Modelo Presente

O Modelo Presente apresenta um processo de gerenciamento de RSU concebido, estruturado e implantado nos moldes da Economia Linear. Na análise do Modelo Presente, este processo foi comparado com a perspectiva apresentada pela teoria da Economia Circular, para averiguar se seria possível interferir nas suas etapas, (modificando, acrescentando ou eliminando) e, se fosse possível, como isto poderia ser feito. Foi verificado também, se seria possível promover a completa eliminação dos RSU e, desta maneira, dispensar e erradicar as áreas de disposição final. No que se refere ao planejamento municipal, foi examinado se seria necessário estabelecer um período de transição e, caso sim, em qual horizonte temporal. Ainda, foi investigado quais os elementos do pensamento atual precisariam ser superados para promover a evolução dos atuais sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos e como atingir a Economia Circular em nível local. Esta análise evidenciou elementos, discutidos na sequência, que possibilitaram a construção do Modelo de Transição.

Ao analisar o Modelo Presente, a primeira percepção é a de que pouco se atua para impedir, ou pelo menos reduzir, a geração de RSU. A gestão municipal está focada no processo de gerenciamento, cujo ponto de origem é a coleta, que não é seletiva, e o ponto de destino é a disposição final. Ou seja, atua-se nos impactos ao invés de se atuar nos aspectos da questão, segundo uma visão corretiva. Se prevalecesse a visão preventiva, esforços seriam empreendidos para alterar a configuração do ciclo dos RSU e impedir, ou pelo menos minimizar, a sua geração. Isto significa atuar no nível da gestão, através de instrumentos legais, mecanismos de sustentabilidade e arranjos institucionais proativos. Não sendo suficiente a atuação na gestão, como medida mitigadora corretiva, restaria atuar no gerenciamento dos RSU.

A causa de tanto resíduo sólido circulando e acumulando no sistema é, na verdade, a produção de bens de consumo descartados após o final da sua vida útil. Os produtos são concebidos, planejados e produzidos para percorrer um ciclo de vida linear, que é orientado pela lógica do “berço ao túmulo” e pelas estratégias de obsolescência. Se fosse seguida a lógica do “berço ao berço” (Braungart & McDonough, 2014), o ciclo de vida do produto seria fechado e circular (Figura 1).

Figura 1: Ciclo de vida do produto na Economia Linear e na Economia Circular.



Fonte: elaboração própria.

A configuração dos ciclos e dos fluxos de RSU e rejeitos na fase de consumo e pós-consumo foi examinada e correlacionada aos cenários esboçados, nos quais se estabeleceu uma relação entre: a Economia Circular, as cidades e os RSU. Foram identificadas três conjunturas explicadas a seguir.

Após o consumo, tendo em vista que o sistema de gestão falhou na redução da geração dos RSU, entra em ação o processo de gerenciamento, onde a destinação final é igual à disposição final, configurando um modelo de ciclo aberto e fluxo linear, típico do Modelo Presente e correspondente ao cenário denominado Cidade Reativa (Figura 2).

Se forem introduzidas no Modelo Presente estratégias para a valorização dos RSU, parte da destinação final será diferente da disposição final, porém, ainda restará uma parcela de rejeitos a ser aterrada, porque o processo produtivo ainda não é configurado por ciclos totalmente fechados. Neste caso, a correspondência se estabelece com o cenário nomeado Cidade Transição (Figura 2).

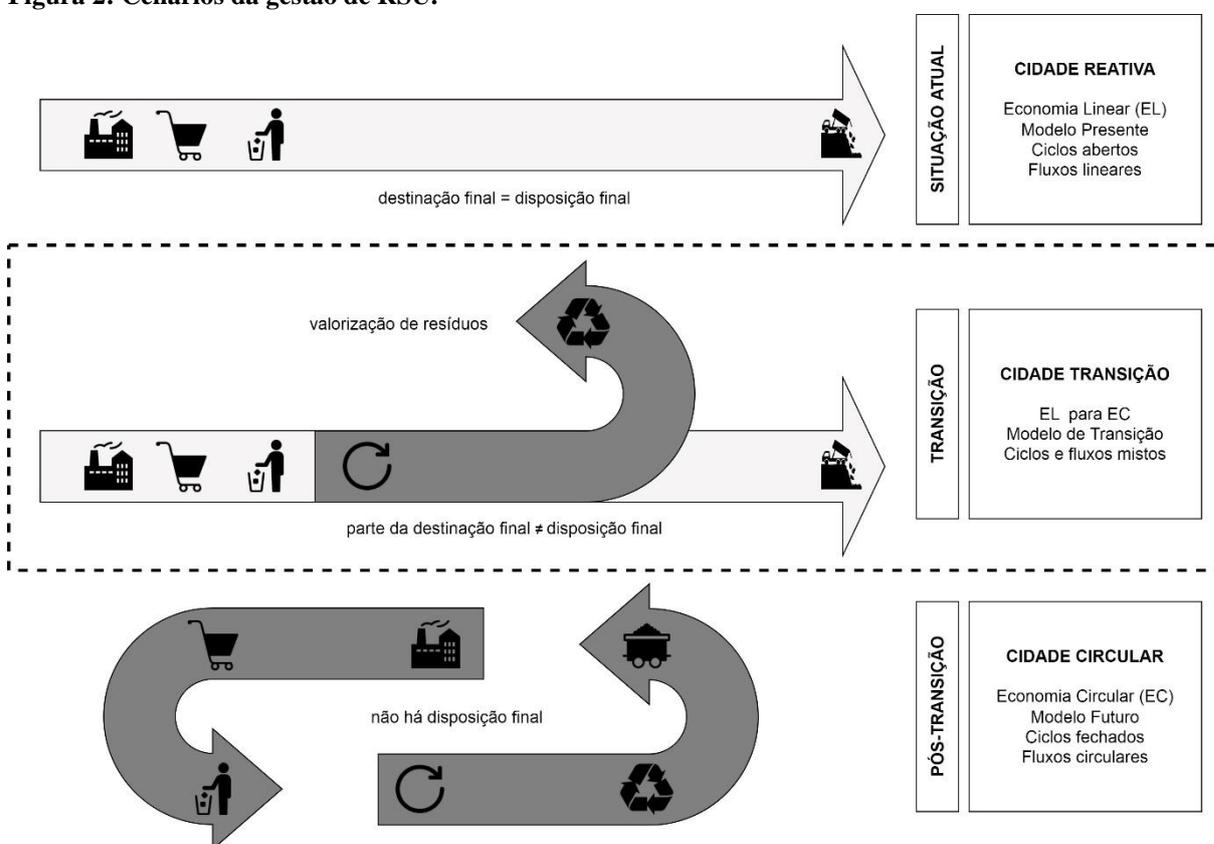
Quando a destinação final é diferente da disposição final, o modelo passa a ser configurado por ciclos fechados e fluxos circulares. Esta situação será possível somente no cenário intitulado Cidade Circular, quando predominará a Economia Circular, onde os RSU

serão empregados como matéria-prima secundária nos processos produtivos, não mais havendo desperdícios, nem rejeitos (Figura 2).

No momento presente, no qual predomina a Economia Linear, a situação possível é aquela retratada no cenário Cidade Transição, onde há a inserção gradativa de estratégias de valorização de RSU no Modelo Presente, segundo um determinado horizonte temporal. Porém, as áreas de disposição final ainda não podem ser dispensadas, porque na Economia Linear sempre haverá resíduos sólidos não valorizados e rejeitos (Figura 2).

Logo, a evolução do Modelo Presente envolverá o fechamento dos ciclos nos processos produtivos, a adoção da visão preventiva no planejamento dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos e a conversão gradativa dos fluxos lineares em circulares nos processos de gerenciamento de RSU. Assim, atua-se nos aspectos da problemática e não somente nos impactos dela decorrentes.

Figura 2: Cenários da gestão de RSU.



Fonte: elaboração própria.

O Modelo de Transição

O Modelo de Transição resulta de duas ações: (I) da confrontação do Modelo Presente com o Modelo Futuro, o que evidenciou etapas a serem modificadas, acrescentadas ou eliminadas no processo de gerenciamento de RSU; e (II) da inserção de adaptações baseadas nos pressupostos da Economia Circular, visando priorizar a destinação ao invés da disposição final e possibilitar a sua operação em um cenário de transição para a Economia Circular.

A intervenção no Modelo Presente se inicia por diferenciar o “ciclo dos nutrientes biológicos” (RSU orgânicos) e o “ciclo dos nutrientes técnicos” (RSU inorgânicos), segundo Braungart e McDonough (2014) e, dentro de cada ciclo, identificar os fluxos de produtos,

resíduos e rejeitos. Tendo em vista o ciclo de produção e consumo, foram identificados os atores atuantes nas suas fases (pré-consumo, consumo e pós-consumo) e, para cada um deles, foram verificados: (I) os aspectos legais relativos à concepção e ao planejamento de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos, em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Brasil, 2010); e (II) as fontes geradoras, a caracterização e a classificação dos resíduos sólidos e rejeitos oriundos de suas atividades, bem como as tecnologias conhecidas e aplicáveis ao seu gerenciamento. Dessa forma, ficou claro onde começa e termina a participação e a responsabilidade de cada ator. Principalmente, a localização do ponto onde se inicia o fluxo dos RSU e, conseqüentemente, a atuação da administração pública municipal, do ponto de vista legal.

A projeção do Modelo de Transição considerou apenas o fluxo de resíduos sólidos e rejeitos domiciliares e de limpeza urbana, que constituem a massa dos RSU e cuja gestão e gerenciamento são responsabilidades do município (Brasil, 2010). Por isso, embora o Modelo de Transição contemple todas as fases do ciclo de produção e consumo, no que se refere aos RSU, o trabalho concentrou-se na fase pós-consumo, do ciclo dos nutrientes biológicos (processo B) e na fase de consumo e pós-consumo, do ciclo dos nutrientes técnicos (processo T), conforme indicado na Figura 3. A fim de estabelecer uma ordem de prioridades para o Modelo de Transição, foram correlacionados e inseridos os seguintes elementos: a contribuição dada por Lansink (2018), a ordem de prioridade estabelecida pela PNRS (Brasil, 2010) e os pressupostos da Economia Circular (Ellen MacArthur Foundation [EMF], 2012). A partir desta inserção, foi apontado o objetivo mais importante a ser alcançado em cada fase do ciclo de produção e consumo. Estes objetivos foram resumidos em palavras-chave e apresentados na seguinte ordem de prioridades: reduzir, reutilizar, segregar, destinar e dispor.

Ficou evidenciado que: (I) a reutilização só é possível no ciclo técnico; (II) no ciclo biológico, a palavra-chave “destinar” está localizada na fase pós-consumo do ciclo de produção e consumo e refere-se à compostagem e à recuperação de energia a partir de resíduos sólidos orgânicos; (III) no ciclo técnico, a palavra-chave “destinar” também está localizada na fase pós-consumo do ciclo de produção e consumo, mas refere-se aos processos de reciclagem de resíduos sólidos inorgânicos e de recuperação de energia a partir de rejeitos; e (IV) em ambos os ciclos, a palavra-chave “dispor” relaciona-se ao manejo de rejeitos.

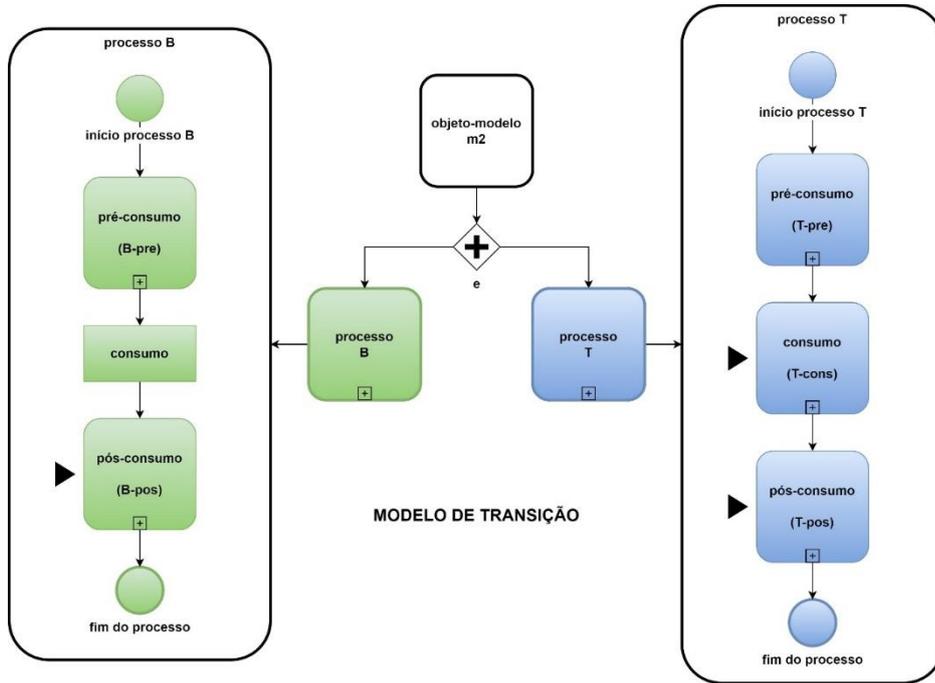
Demonstrada a forma como o Modelo de Transição foi desenvolvido, é preciso ainda apresentar a sua estrutura e fazer referência à linguagem adotada na sua representação gráfica. O Modelo de Transição constitui-se de dois ciclos e seus respectivos processos (Figura 3). Ele é configurado por meio de dois conjuntos de fluxogramas (objeto-modelo m2), acompanhados de textos explicativos (modelo teórico Ts). Cada conjunto de fluxogramas é uma representação gráfica da sequência lógica das etapas do processo B (no ciclo biológico) (Figura 4) e do processo T (no ciclo técnico) (Figuras 5 e 6).

A modelagem dos processos B e T foi feita de cima para baixo (abordagem *Top down*). Ambos os processos se desdobram em subprocessos sequenciados, ordenados de acordo com o fluxo de produtos, resíduos e rejeitos no interior de cada ciclo (biológico e técnico). Os fluxos, por sua vez, são orientados pela ordem de prioridades estabelecida no Modelo de Transição.

Todos os fluxogramas foram estruturados por símbolos geométricos coloridos, empregando a notação BPMN. O processo B, relativo ao ciclo dos RSU orgânicos (ciclo biológico), foi representado na cor verde. O processo T, relativo ao ciclo dos RSU inorgânicos (ciclo técnico), na cor azul. Todos os fluxos de rejeitos, em ambos os ciclos, foram representados na cor laranja.

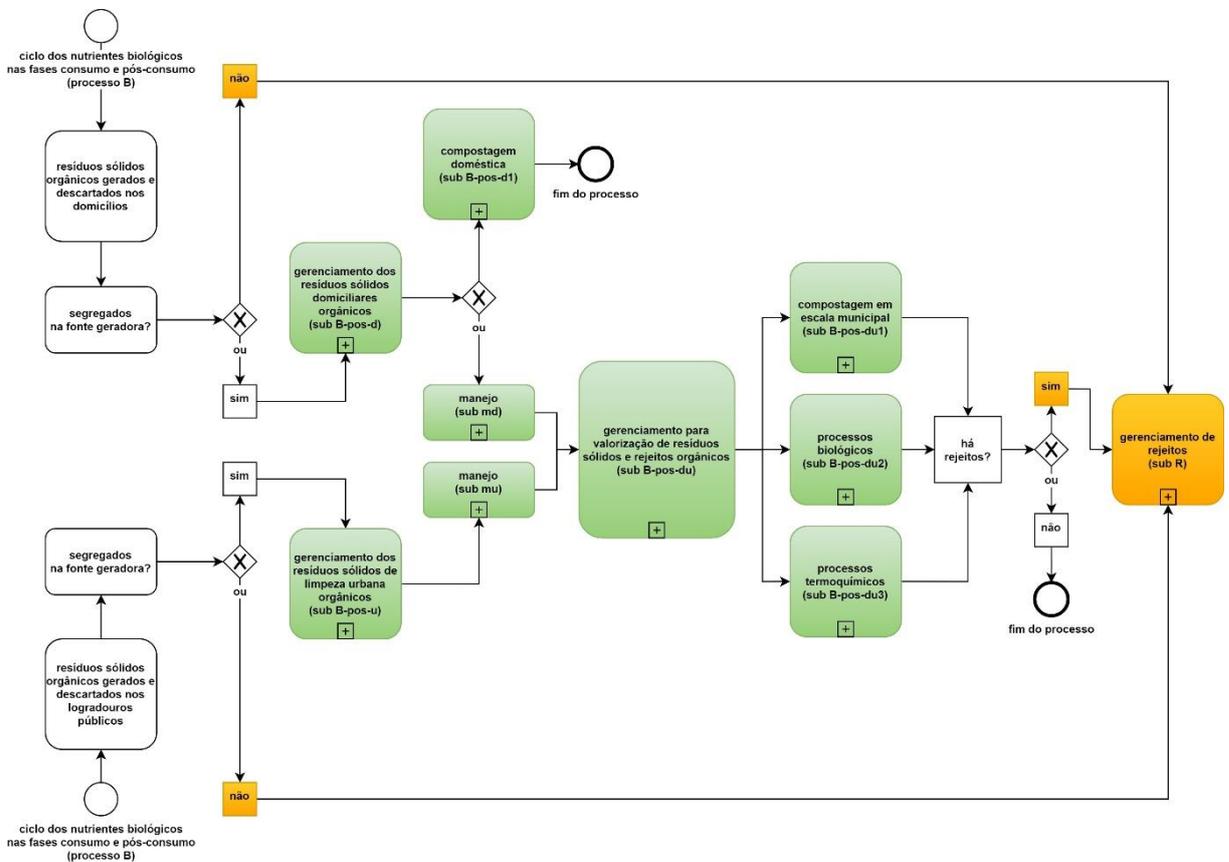
O detalhamento do Modelo de Transição, que compreende a modelagem completa dos processos B e T, com seus respectivos subprocessos e textos explicativos, pode ser consultado no estudo que originou este artigo.

Figura 3: Fluxograma geral do Modelo de Transição (objeto-modelo m2).



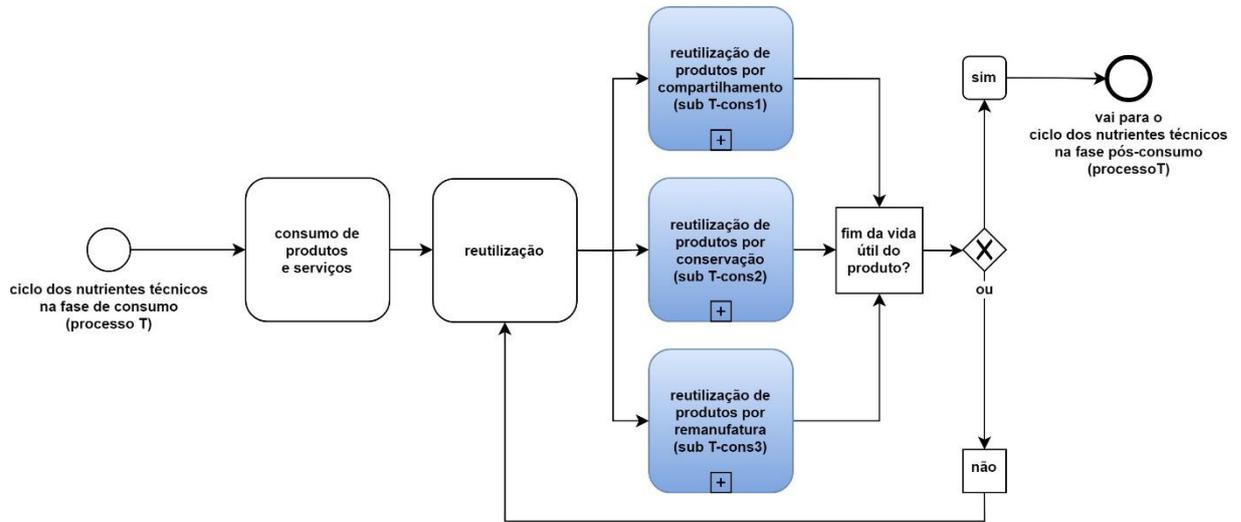
Fonte: elaboração própria.

Figura 4: Fluxograma do processo B (ciclo biológico) do Modelo de Transição, na fase pós-consumo.



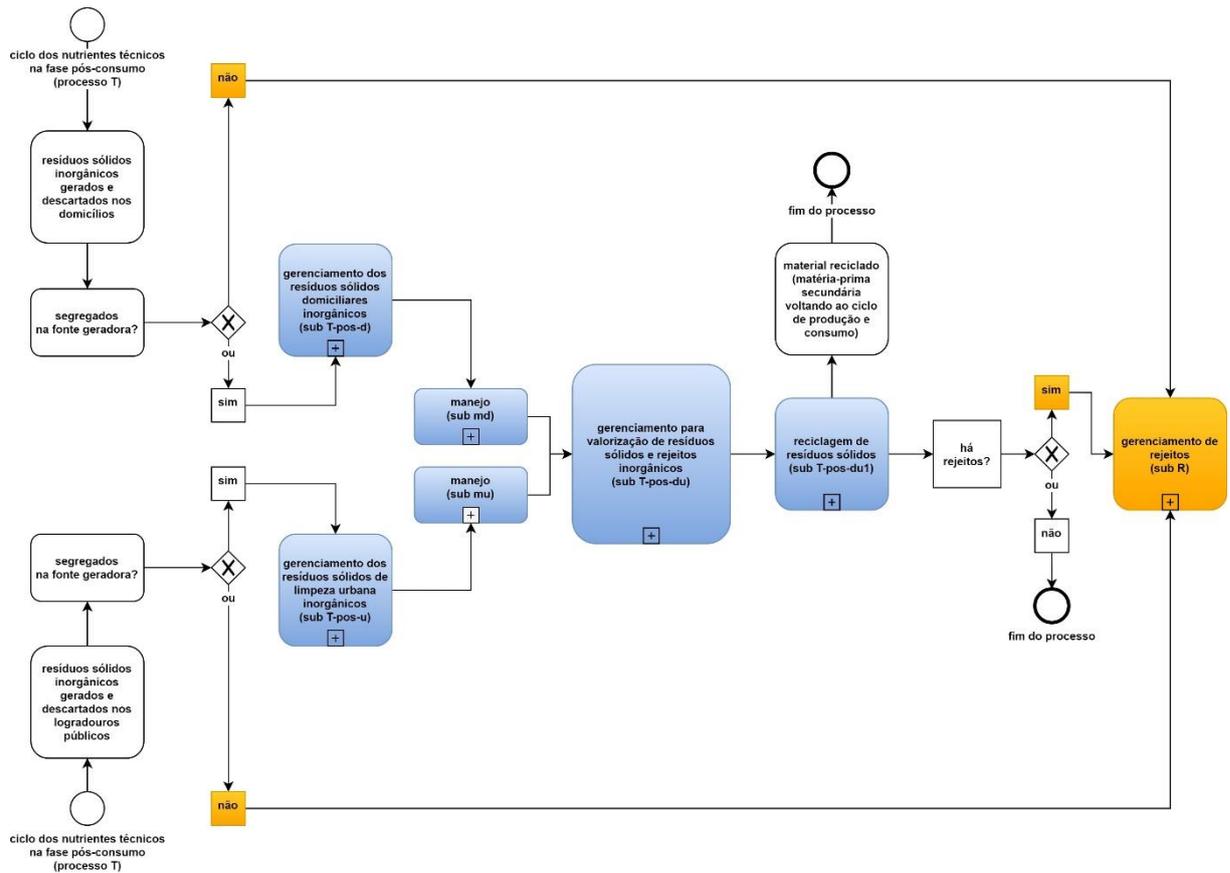
Fonte: elaboração própria.

Figura 5: Fluxograma do processo T (ciclo técnico) do Modelo de Transição, na fase de consumo.



Fonte: elaboração própria.

Figura 6: Fluxograma do processo T (ciclo técnico) do Modelo de Transição, na fase pós-consumo.



Fonte: elaboração própria.

O estudo de caso

A aplicabilidade do Modelo de Transição foi avaliada, mediante a condução de um estudo de caso, no Município de Goiás (Estado de Goiás, Brasil). Para conhecer a unidade-caso, foi feita a sua caracterização física, biótica e antrópica. Em seguida, o sistema municipal de gestão e manejo de resíduos sólidos foi observado, registrado e analisado.

As informações relativas à prestação dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos municipais foram compiladas e submetidas a uma avaliação, através de uma matriz. Para tanto, foram estipulados 16 critérios, baseados nos requisitos legais estabelecidos pela PNRS (Brasil, 2010), que foram confrontados com as informações obtidas. Observou-se que o município ainda precisa caminhar muito para satisfazer aspectos e requisitos legais estabelecidos pela PNRS. A unidade-caso enquadra-se no cenário I (Cidade Reativa). O seu sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos tem como referência o Modelo Presente. A gestão de RSU é convencional, focada no processo de gerenciamento, com disposição final em lixão, o que é compatível com um modelo configurado por ciclo aberto e fluxo linear. Atua-se no controle dos impactos ambientais ao invés de se atuar nos aspectos que os geram, o que evidencia uma visão corretiva por parte da administração pública municipal.

A análise da situação identificada no diagnóstico, revelou os seguintes pontos negativos: (I) inexistência de coleta seletiva; (II) ausência de um sistema de logística reversa, ainda que mínimo, o que implica na necessidade da administração pública municipal realizar uma tarefa que é do setor empresarial, sem ser remunerada para tanto; (III) utilização de lixão como forma de destinação e disposição final; (IV) queima e aterramento de resíduos sólidos e rejeitos pelos moradores da zona rural; (V) carência de regulamentação, controle, fiscalização e monitoramento de resíduos sólidos produzidos por grandes geradores, principalmente pessoas jurídicas, a saber: indústrias, empresas agropecuárias e mineradoras; (VI) insuficiência de recursos humanos, visto que a Secretaria Municipal de Meio Ambiente não possui quadro de pessoal adequado, nem em quantidade, nem em qualidade; (VII) presença de catadores autônomos de materiais recicláveis e reutilizáveis no lixão; e (VIII) falta de programas voltados para a atração e o desenvolvimento de empreendimentos na área ambiental. O Lixão, forma de disposição final adotada no município, além de irregular do ponto de vista legal, não observa a boa técnica e prática de engenharia. Ao analisar a sua localização geográfica, percebeu-se que ele pode ser, simultaneamente, um passivo ambiental e um risco à saúde pública. A área ocupada pelo lixão está no domínio de aquífero fraturado, em solo classificado como cambissolo (grau de vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável), na bacia do Rio Vermelho, a montante da foz Rio do Bugre. Ainda, é circunvizinha de propriedades rurais, onde alimentos são produzidos, e está muito próxima de cursos d'água superficiais. Como pontos positivos, o diagnóstico apontou também algumas práticas que demonstraram o interesse em buscar melhorias por parte da administração pública municipal, são elas: a implantação da coleta de resíduos eletrônicos nas escolas e o projeto para converter o lixão municipal em aterro sanitário simplificado.

Ao concluir a análise da situação identificada no diagnóstico, foram indicadas medidas que poderiam promover boas melhorias, são elas: (I) implantação da coleta seletiva, já prevista e regulamentada pela Lei nº 47, de 23 de dezembro de 2010 (Município de Goiás, 2010); (II) promoção e participação de discussões relativas à implantação de sistemas de logística reversa, com o objetivo de delimitar o papel da administração pública municipal; ressaltou-se que, caso ela continuasse se encarregando de atividades de responsabilidade do setor empresarial, as ações deveriam ser devidamente remuneradas; (III) adoção de medidas emergenciais de controle ambiental na área do lixão, para operar com um mínimo de segurança, até que fosse construído um aterro sanitário adequado (IV) atendimento aos moradores da zona rural naquilo que se refere ao gerenciamento dos RSU; (V) regulamentação, controle e fiscalização dos

grandes geradores de resíduos sólidos, principalmente as pessoas jurídicas; (VI) estruturação da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, reforçando o quadro de pessoal encarregado do controle e da fiscalização ambiental, em termos quantitativos e qualitativos; (VII) mobilização e apoio aos catadores autônomos de materiais recicláveis e reutilizáveis promovendo o associativismo; e (VIII) atração e apoio para empreendimentos, tais como: consultorias ambientais; cooperativas de catadores; pequenos, médios e grandes sucateiros; transportadores de resíduos; empresas especializadas em transbordo, triagem, tratamento e geração de energia a partir de rejeitos; e indústrias recicladoras.

No tocante à Economia Circular, o salto a ser dado pelo município é muito grande. Porém, isto seria uma vantagem, visto que o planejamento poderia começar praticamente do zero e estabelecer componentes físicas, políticas e programáticas, pautadas por princípios avançados e inovadores. Ou seja, ao invés de corrigir componentes incompatíveis com a Economia Circular, haveria a oportunidade de conceber componentes para operar em um período de transição.

A partir do diagnóstico, foi feito o desenho do processo de gerenciamento de RSU existente no Município de Goiás (objeto-modelo m1). Na sequência, este processo foi analisado, com o objetivo de determinar as alterações possíveis e favoráveis à transição para a Economia Circular, no nível local. Com base nos resultados desta análise, e tendo como referência o Modelo de Transição, foi proposta a modelagem dos processos B (ciclo dos nutrientes biológicos) e T (ciclo dos nutrientes técnicos) para este município. A modelagem dos processos B e T apontou os objetivos e as metas a serem alcançados pelo sistema municipal de gestão e manejo de resíduos sólidos, de modo a favorecer e possibilitar a transição para a Economia Circular.

Assim, na sequência, foi proposto um Plano de Ação, focado na gestão e no gerenciamento de RSU e orientado pelo Modelo de Transição. A sua elaboração envolveu: a adoção de um cenário de referência; o estabelecimento de objetivos, diretrizes, estratégias, programas, ações, prazos, metas e a atribuição de responsabilidades. Em observância à distinção dos ciclos dos materiais adotada no Modelo de Transição, foi proposto um Plano de Ação para o fluxo de RSU orgânico, relativo ao ciclo de nutrientes biológicos, e outro para o fluxo de RSU inorgânico, relativo ao ciclo de nutrientes técnicos. Neles, os objetivos, as diretrizes, as estratégias e as tecnologias para gerenciamento e tratamento de resíduos sólidos e rejeitos foram engendradas com base na ordem de prioridade estabelecida no Modelo de Transição.

As estratégias foram concebidas de maneira a criar resistência e resiliência nos fluxos de materiais, para evitar que se tornassem resíduos sólidos. Quando o material chegasse ao fim da sua vida útil, também encontraria resistência e resiliência nos fluxos de resíduos sólidos, para evitar que fossem destinados às áreas de disposição final, onde seriam rejeitos desvalorizados e acumulados. Uma vez classificados como rejeitos, ainda restariam as estratégias para recuperar energia. Assim, as estratégias priorizavam a redução da geração, a valorização dos materiais e dos resíduos sólidos e a recuperação de energia a partir dos rejeitos. A disposição final foi considerada como a última opção.

As tecnologias que se aplicam ao tratamento de resíduos sólidos sem a distinção dos ciclos e fluxos de nutrientes, embora não tenham sido suprimidas, foram evitadas, porque elas eliminam a coleta seletiva e a logística reversa, o que impossibilita a incorporação dos resíduos sólidos orgânicos nos ecossistemas e impede o aproveitamento dos resíduos sólidos inorgânicos como matéria-prima secundária. Estas formas de tratamento foram consideradas aplicáveis somente para os fluxos de rejeitos, porque é melhor gerar energia em um processo termoquímico, do que acumular rejeitos por tempo indeterminado em um aterro sanitário, ou, situação ainda pior, em um lixão, como ocorre no Município de Goiás. As áreas de disposição final, além de ocupar espaço e expor ambientes e populações ao risco, demandam medidas de monitoramento e controle de impactos ambientais enquanto existirem. O aterro sanitário,

embora seja correto do ponto de vista técnico e legal, é uma tecnologia ultrapassada, mas que não pode ser dispensada por completo, enquanto houver rejeitos circulando no sistema. Entretanto, o seu emprego pode ser racionalizado por meio de uma solução compartilhada, onde mais de um município sustenta, e ao mesmo tempo utiliza, uma única estrutura, o que foi fortemente enfatizado e incentivado.

No Plano de Ação proposto, os programas e ações de baixa e média complexidade, que envolvem tecnologias relativamente simples e bastante difundidas, foram priorizados, devendo o seu planejamento, implantação e execução ocorrer no curto prazo (2020 a 2024). Os programas e ações que envolvem soluções compartilhadas e tecnologias mais sofisticadas, foram abordados no médio e longo prazo (2025 a 2028 e 2029 a 2032, respectivamente). Estes últimos, requerem mais tempo para negociações, obtenção de recursos financeiros, criação e atendimento de requisitos legais e estabelecimento de instrumentos contratuais. Normalmente, adota-se um horizonte temporal de 20 anos para os planos de resíduos sólidos, sendo previstas revisões a cada quatro anos, nas quais se verifica o cumprimento e a atualidade dos planos (MC, 2011; MMA, 2012, 2016). Entretanto, adotou-se um horizonte temporal de 12 anos, coincidente com o período de mandato para prefeito e vereadores, com revisões a cada quatro anos.

A responsabilidade direta e indireta dos agentes públicos municipais envolvidos na gestão e no gerenciamento dos RSU também foi apontada. Ressaltou-se que era imprescindível estruturar melhor a administração pública municipal. Para tanto, era preciso compor, tanto quantitativa quanto qualitativamente, um corpo técnico lotado na Secretaria Municipal de Meio Ambiente, para atuar no nível da gestão. Este corpo técnico, em um primeiro momento, produziria mecanismos de regulação, controle e fiscalização que, em um segundo momento, permitiria disciplinar as atividades de geradores e transportadores de resíduos sólidos e rejeitos. Outra tarefa importante a ser realizada por este corpo técnico, referia-se à criação de iniciativas voltadas para o uso racional de recursos e energia e para a realização de compras sustentáveis, na esfera dos órgãos da administração pública municipal. Este corpo técnico também estaria encarregado de orientar a criação, a execução e a manutenção de ações de Educação Ambiental.

O diagnóstico do Município de Goiás revelou a existência de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis atuando no lixão. Sabe-se que nesta questão o aspecto social não se dissocia dos aspectos econômicos e ambientais. Ao contrário, estes aspectos formam uma amálgama, que resulta no aspecto socioambiental. Portanto, requer ações conjuntas e integradas de diferentes órgãos da administração pública municipal. Ao observar que a quantidade de pessoas envolvidas neste aspecto era relativamente pequena, percebeu-se que era possível prestar-lhes assistência, contando apenas com a estrutura já existente no município, a saber: órgãos da administração pública municipal; escolas e unidades de saúde pública municipal. O planejamento, a implantação e a execução das ações propostas para o enfrentamento do aspecto socioambiental deveriam ocorrer no curto prazo (2020 a 2024).

Quanto ao lixão, apesar da não conformidade legal, técnica, sanitária e ambiental, constatou-se que não havia como encerrar a sua operação até que se pudesse encaminhar os rejeitos para um aterro sanitário. Em caráter emergencial, a solução seria implantar medidas de controle administrativo, ambiental e sanitário na área onde ele se encontra. No curto prazo (2020 a 2024), seria construir um aterro sanitário simplificado, fechar o lixão, elaborar e executar um Plano para Recuperação de Área Degradada (PRAD), em conformidade com a Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020 (Brasil, 2020). A solução para eliminar definitivamente os rejeitos lá depositados viria, em médio prazo (2025 a 2028), através da mineração de aterros, associada com processos termoquímicos para a geração de energia a partir dos rejeitos aterrados, no âmbito de uma solução consorciada entre os municípios componentes da Região Noroeste Goiano.

O Quadro 1 apresenta uma síntese do Plano de Ação proposto.

Quadro 1: Síntese do Plano de Ação para a gestão de RSU no Município de Goiás.

CICLO BIOLÓGICO – PROCESSO B				
Fase	Objetivo	Diretriz	Estratégias	Prazo
Pré-consumo	Reduzir	Reduzir a geração de RSU.	Promover campanhas de Educação Ambiental.	C
			Incentivar o setor produtivo local a ampliar a oferta de ecoprodutos.	
			Combater o desperdício de alimentos.	
			Incentivar a prática da compostagem doméstica.	
Consumo	Segregar	Segregar, descartar, acondicionar e encaminhar para aproveitamento a fração orgânica dos RSU.	Realizar campanhas educativas junto à população para demonstrar o descarte correto.	C
			Distribuir contentores móveis na malha urbana; construir Locais de Entrega Voluntária (LEV) e Pontos de Entrega Voluntária (PEV).	
			Capacitar os servidores públicos encarregados da coleta seletiva.	
			Realizar coleta seletiva.	
Pós-consumo	Destinar	Reciclar a fração orgânica dos RSU.	Realizar compostagem em escala municipal.	C
		Recuperar energia a partir da fração orgânica dos RSU.	Participar de soluções consorciadas, voltadas para a geração de energia a partir de resíduos sólidos orgânicos de fontes variadas, em processos biológicos (fermentação e digestão anaeróbica) e termoquímicos (gaseificação, pirólise e transesterificação)	M
		Recuperar energia a partir de rejeitos.	Participar de soluções consorciadas, voltadas para a geração de energia a partir de rejeitos, em processos termoquímicos (gaseificação, pirólise e transesterificação).	L
	Dispor	Aterrar rejeitos.	Aterro sanitário simplificado.	C
CICLO TÉCNICO – PROCESSO T				
Fase	Objetivo	Diretriz	Estratégias	Prazo
Pré-consumo	Reduzir	Reduzir a geração de RSU.	Promover campanhas de Educação Ambiental.	C
			Incentivar o setor produtivo local a ampliar a oferta de ecoprodutos.	
			Desestimular o uso de embalagens.	
Consumo	Reutilizar	Reutilizar produtos.	Estimular o consumo consciente por parte da população.	C
			Adotar práticas de compras sustentáveis e consumo consciente nos órgãos da administração pública municipal.	
			Desestimular o uso de embalagens.	
			Incentivar a reutilização dos produtos (bens de consumo).	
	Segregar	Segregar, descartar, acondicionar e encaminhar para aproveitamento a fração inorgânica dos RSU.	Realizar campanhas educativas junto à população para demonstrar o descarte correto.	C
			Distribuir contentores móveis na malha urbana; construir Locais de Entrega Voluntária (LEV) e Pontos de Entrega Voluntária (PEV).	
			Capacitar os servidores públicos encarregados da coleta seletiva.	
			Realizar coleta seletiva.	
			Implantar unidades de triagem para processamento dos resíduos recicláveis	

Pós-consumo	Destinar	Reciclar a fração inorgânica dos RSU.	Criar ambiente favorável ao surgimento e sobrevivência de empreendimentos relacionados às atividades de logística reversa e reciclagem no município.	C
		Recuperar energia a partir de rejeitos.	Participar de soluções consorciadas, voltadas para a geração de energia a partir de resíduos sólidos inorgânicos de fontes variadas, em processos termoquímicos (gaseificação, pirólise e transesterificação).	L
	Dispor	Aterrar rejeitos.	Aterro sanitário simplificado.	C
Legenda: (C) Curto prazo (2020-2024); (M) Médio prazo (2025-2028); (L) Longo prazo (2029-2032). Período de transição: 12 anos (2020 – 2032).				

Fonte: elaboração própria.

DISCUSSÃO

Finalizada a pesquisa, os resultados deste trabalho foram encaminhados à Prefeitura Municipal de Goiás, como uma contribuição ao Planejamento Ambiental municipal e a aprendizagem adquirida foi analisada e relatada, cumprindo assim a última etapa do plano de trabalho. Foram destacados os pontos importantes observados durante o período de realização da pesquisa, principalmente na condução do estudo de caso. As limitações do Modelo de Transição foram apontadas, para que sirva como referência para futuros estudos acadêmicos e trabalhos técnicos no campo do Planejamento e da Gestão Ambiental. Também foram apresentadas sugestões para pesquisas futuras.

No que diz respeito ao Modelo de Transição, ficou evidenciado que, na escala do município e no âmbito da administração pública municipal, a sua aplicabilidade ficou praticamente restrita à fase pós-consumo do ciclo de produção e consumo. Do ponto de vista técnico, embora tenham sido identificadas possibilidades de ação nas fases pré-consumo e consumo, as intervenções mais significativas e com potencial para promover e facilitar a transição para a Economia Circular, estavam realmente concentradas na fase pós-consumo e focadas na gestão e no gerenciamento de resíduos sólidos. Estas possibilidades não se restringiam aos RSU, mas ele é o objeto de preocupação e a obrigação legal da administração pública municipal brasileira, de acordo com a PNRS (Brasil, 2010).

Dentre todas as diretrizes e estratégias apresentadas no Plano de Ação para os RSU no Município de Goiás, baseadas no Modelo de Transição, as mais importantes são aquelas que se relacionam à destinação final. São elas: a segregação na fonte geradora, a coleta seletiva, a compostagem dos RSU orgânicos, a logística reversa e a reciclagem dos RSU inorgânicos. Estas estratégias e diretrizes desviam o fluxo de RSU, evitando as áreas de disposição final. Elas desequilibram a equação, segundo a qual, a destinação final é igual à disposição final. Alimentam o fluxo de valorização de resíduos sólidos e têm potencial para gerar emprego e renda. Portanto, evidenciam o quanto a visão corretiva está equivocada e gerando desperdício.

Focando somente nos aspectos tecnológicos do Modelo de Transição, afirma-se que o salto do lixão para a Economia Circular poderia ser imediato. A ciência e a tecnologia encontram-se suficientemente desenvolvidas e podem proporcionar elementos para o enfrentamento da problemática dos resíduos sólidos e rejeitos. Há subsídios para o planejamento e para a gestão; existem boas soluções de engenharia; metodologias de projeto; técnicas construtivas e processos operacionais; máquinas e equipamentos para fins diversos; recursos humanos especializados; dentre outros. A humanidade já sabe bastante sobre como reduzir o desperdício, como transformar resíduos sólidos em matéria-prima secundária, como recuperar materiais diversos e energia a partir de rejeitos aterrados e como capturar e aproveitar gases e líquidos combustíveis. Se não sabe tudo ainda, já sabe o suficiente para começar uma

mudança. Paralelamente, quanto mais aplicados e testados forem os frutos deste conhecimento, maior será o esforço para aprimorá-los e barateá-los.

Porém, ao analisar os aspectos antrópicos, as condições adversas apareceram nas dimensões cultural e econômica. A problemática dos resíduos sólidos é sabidamente ligada a aspectos culturais, que influenciam escolhas e comportamentos de indivíduos e grupos no ciclo de produção e consumo, tanto no momento da aquisição de um produto, quanto do descarte de resíduos sólidos e rejeitos. A relação entre os aspectos culturais e os resíduos sólidos ocorre concretamente nos municípios, mais notadamente nas áreas urbanas. Embora o aspecto ambiental da geração de resíduos sólidos e rejeitos esteja localizado na fase pré-consumo, o impacto ambiental ocorre nos municípios, principalmente na fase pós-consumo, e tem o munícipe como protagonista. Na aplicação do Modelo de Transição na escala do município ficou evidente que a estratégia mais importante é a segregação na fonte geradora que, por sua vez, é extremamente dependente do consumidor/gerador. A administração pública municipal pode disponibilizar todos os meios existentes para realizar a coleta seletiva, mas se o munícipe não colaborar, no sentido de separar e acondicionar adequadamente os resíduos sólidos, todas as boas práticas subsequentes funcionarão abaixo da capacidade instalada, ou não funcionarão. Logo, urbanidade é um elemento chave. É preciso que haja mecanismos de sensibilização, convencimento e incentivo, a fim de ter o munícipe como parceiro da administração pública municipal. Quanto maior for a participação deste ator social, maior será a quantidade e a qualidade dos resíduos sólidos coletados, encaminhados para a destinação final e desviados das áreas de disposição final.

Naquilo que cabe ao município, o processo de gerenciamento propriamente dito se inicia na fase pós-consumo, especificamente na coleta seletiva. Se toda a infraestrutura necessária for disponibilizada e se ela for eficiente e constante, passará a ser parte integrante dos hábitos diários dos munícipes. Se apresentar bons resultados, e estes forem divulgados eficientemente, ressaltando os benefícios alcançados e entregues à coletividade, a coleta seletiva tende a ser apoiada pelos munícipes. Se for aperfeiçoada ao longo do tempo, entregará à logística reversa e à reciclagem resíduos sólidos com qualidade.

Os aspectos econômicos também podem ser um obstáculo. A implantação da infraestrutura necessária, principalmente aquela relacionada à solução consorciada proposta, requer recursos financeiros vultosos. Se a Economia estiver em recessão, dificilmente haverá recursos financeiros, públicos e privados, para investir. Por outro lado, se a Economia estiver em ritmo de crescimento, a obtenção de recursos financeiros, inclusive privados, seria facilitada e dependeria muito mais de vontade política e de recursos humanos capacitados para o gerenciamento de projetos. Logo, recursos financeiros podem ser entraves ou aceleradores da transição para a Economia Circular, a depender do cenário econômico.

Constatou-se que a melhor estratégia para promover a transição e atingir a Economia Circular em um município é conceber, implantar, monitorar e avaliar um projeto piloto na escala do bairro, nos moldes de um laboratório vivo, para observar e aprender neste local, visando replicá-lo. Feitos os ajustes necessários, inicialmente, atende-se a área urbana do município e, em seguida, inclui-se os domicílios localizados nas áreas rurais, atendendo assim toda a população municipal.

No que diz respeito ao enquadramento da unidade-caso nos cenários esboçados, considerando o horizonte temporal de 12 anos previsto no Plano de Ação, foram identificadas três possibilidades: (I) o Município de Goiás continuaria enquadrado no cenário Cidade Reativa, porque não haveria alterações no seu sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos. Também não ocorreria a participação do município em uma solução consorciada, onde poderiam ser estabelecidas relações simbióticas que favorecessem todos os municípios participantes, bem como o surgimento e o fortalecimento da circularidade na Economia da Região Noroeste Goiano; (II) o Município de Goiás tomaria uma decisão política, abandonaria

a visão corretiva, entraria em um processo de planejamento estratégico, buscaria recursos e parcerias para implantar a infraestrutura necessária e se enquadraria no cenário Cidade Transição; (III) tendo optado pelo segundo cenário, e dado prosseguimento ao Plano de Ações, ao final dos 12 anos, o Município de Goiás haveria atravessado o período de transição para a Economia Circular, naquilo que se refere à gestão de RSU. Não teria dado um salto, mas sim, construído uma ponte por intermédio do Planejamento e da Gestão Ambiental municipal, pautados pela visão preventiva. Assim sendo, teria cumprido etapas de um processo, orientado por uma visão da Cidade Circular.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tanto no desenvolvimento do Modelo de Transição, quanto na avaliação da sua aplicabilidade, constatou-se que o alcance da Economia Circular requer um período de transição, tendo em vista a predominância da Economia Linear. A distância entre um ponto e outro é muito grande e os processos envolvidos são muito complexos. Assim, este período é necessário para que ocorra: a adequação dos instrumentos legais; a obtenção de recursos financeiros; a implantação de infraestrutura; a adoção das tecnologias existentes, bem como a inovação tecnológica; e, o mais importante, a mudança de mentalidade por parte dos gestores públicos, do setor privado e da população, sem a qual não haverá a transição e, menos ainda, um salto do lixo para a Economia Circular.

Considerando apenas os aspectos tecnológicos, a avaliação demonstrou que, ao final do período de transição, é possível erradicar lixões e, ainda, dispensar o uso de áreas de disposição final, pela conversão de resíduos sólidos em matéria-prima secundária e de rejeitos em energia. Porém, para tanto, é imprescindível haver vontade política, superar os aspectos culturais envolvidos na gestão e no gerenciamento de resíduos sólidos, bem como empregar recursos financeiros.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. (2021). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021. São Paulo, SP.
- Association of Business Process Management Professionals. (2013). BPM CBOK. Brasília, DF: ABPMP Brasil.
- Benyus, J. (2003). Biomimética. São Paulo, SP: Cultrix.
- Brasil. (2010). Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm
- Brasil. (2020). Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm#:~:text=%E2%80%9CEstabelece%20as%20diretrizes%20nacionais%20para,Art.
- Braungart, M. & McDonough, W (2014). Cradle to Cradle: criar e reciclar ilimitadamente. São Paulo, SP: Gustavo Gili Brasil.
- Bunge, M. (1974). Teoria e realidade. São Paulo, SP: Perspectiva.
- Clift, R. & Druckman, A. (Eds.). (2016). Taking stock of industrial ecology. Guildford, UK: Springer open. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20571-7>
- Dresch, A., Lacerda, D. P. & Antunes Júnior, J. A. V. (2015). Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre, RS: Bookman.

- Echenique, M. (1975). Modelos: una discusión. In: Martin, L.; March, L.; Echenique, M. (Eds.). La estructura del espacio urbano (pp. 235-248). Barcelona: Gustavo Gili.
- Ellen MacArthur Foundation (2012). Towards the Circular Economy: economic and business rationale for an accelerated transition. Cowes, UK: Founding Partners of the Ellen MacArthur Foundation.
- Gil, A. C. (2008). Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo, SP: Atlas.
- Gil, A. C. (2017). Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo, SP: Atlas.
- Hawken, P., Lovins, A. & Lovins, H. (2000). Capitalismo Natural: criando a próxima revolução industrial. São Paulo, SP: Cultrix.
- Lansink, A. (2018). De man van de ladder. Ad Lansink's Website. http://www.adlansink.nl/?page_id=611
- Marconi, M. D. A. & Lakatos, E. M. (2016). Fundamentos de metodologia científica. São Paulo, SP: Atlas.
- Ministério das Cidades. (2011). Guia para elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico. Brasília, DF.
- Ministério do Meio Ambiente. (2012). Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação. Brasília, DF: MMA/ICLEI-Brasil.
- Ministério do Meio Ambiente. (2016). Plano simplificado de gestão integrada de resíduos sólidos: manual de orientação. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano.
- Município de Goiás. (2010). Lei nº 47, de 23 de dezembro de 2010. Dispõe sobre a lei que cria o Programa de Coleta Seletiva. <http://200.234.194.45/~portal/publicacoes/leis//leis2010.pdf>
- Pauli, G. (2010). The blue economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs. Taos, USA: Paradigm Publications.
- Stahel, W. (2010). The Performance Economy. London, UK: Palgrave Macmillan.