

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO M-MACBETH NA COLETA SELETIVA NO MUNICÍPIO DO CRATO/CE

*Valquiria Melo Souza Correia¹
Marisete Dantas de Aquino¹
Antonio Clecio Fontelles Thomaz²

APPLICATION OF THE MULTICRITÉRIO M-MACBETH MULTI-CRITERIA METHODOLOGY TO SELECTIVE COLLECTION IN THE MUNICIPALITY OF CRATO – CE

Recibido el 16 de febrero de 2017; Aceptado el 21 de marzo de 2018

Abstract

Consumption and sustainability have currently become key issues, due to the exponential increase of environmental problems. Therefore, the proper destination of solid waste becomes more important on a daily basis. One of these problems are PET containers (polyethylene terephthalate). It is the type of packaging most widely used in Brazil, which, when recycled, has many advantages over others in the market in terms of energy and water consumption, as well as the environmental impact, and social benefits, among others. The objective of this paper is to perform a multi-criteria analysis on the selective collection of PET items by applying a M-Macbeth analysis in the municipality of Crato-CE. The methodology is based on data collection and interviews with those responsible for the Association of Crato Recyclers. It involves exploratory research with a qualitative approach. The results indicate that, in spite of advances, expansion and improvement of the association are necessary, especially in terms of infrastructure, business, financial management, environmental education and the direct participation of the population in this new consumption-disposal paradigm.

Keywords: PET, M-Macbeth, selective collect, sustainability.

¹ Universidade Federal do Ceará, Brasil.

² Instituto de Tecnologia da Informação e Comunicação, Brasil.

*Autor correspondente: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Bloco 713, Avenida Humberto Monte S/N, Campus do Pici. Fortaleza-CE. CEP 60451-970, Brasil. E-mail: valquiria@ufersa.edu.br

Resumo

Atualmente, os termos de consumo e sustentabilidade têm se tornado um dos temas mais relevantes, visto que os problemas ambientais crescem de modo exponencial. Assim, o destino adequado dos resíduos sólidos ganha, a cada dia, maior importância. Dentre esses problemas estão as embalagens de PET (polietileno tereftalato). Trata-se de um tipo de embalagem que é muito utilizada no Brasil, que, quando reciclada, leva inúmeras vantagens sobre as demais existentes no mercado por estar relacionada à energia consumida, ao consumo de água, ao impacto ambiental, a benefícios sociais, dentre outros. O artigo tem como objetivo fazer uma análise de multicritério na coleta seletiva de PET aplicando a ferramenta M-Macbeth no município do Crato-CE. A metodologia está baseada em dados coletados e entrevistas com os responsáveis pela Associação dos Agentes Recicladores do Crato, caracterizando-se como uma pesquisa exploratória com abordagem qualitativa. Os resultados obtidos indicam que, apesar dos avanços, existe uma necessidade de ampliação e melhorias da associação, particularmente, em melhorias na infraestrutura, nas negociações, na gestão financeira, na educação ambiental e na participação direta da população nesse novo paradigma de consumo-descarte.

Palavras chave: PET; M-Macbeth; coleta seletiva; sustentabilidade.

Introdução

O problema da gestão de resíduos sólidos é global, seja nos países em desenvolvimento, seja nos desenvolvidos. O fato é que com um ritmo acelerado do aumento da população, do crescimento econômico e da urbanização e industrialização se tem a geração de resíduos sólidos, também, na mesma celeridade. Gera, inevitavelmente, um desafio crescente para a sociedade, ou seja, a destinação dos resíduos sólidos e sua disposição inadequada passam a ser mais um fator de preocupação, devido à ausência de políticas públicas e ações empresariais que estejam no elo da responsabilidade compartilhada.

Devido ao progresso econômico e ao aumento do consumo da população, a consequência é a crescente geração de resíduos de diferentes natureza e característica que, com a rápida urbanização e industrialização, afeta diretamente a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados (Singh e Sharma 2002; Minghua et al. 2009).

O gerenciamento inadequado dos resíduos em locais como lixões, sendo utilizados como parâmetro a disposição final e a disponibilidade de áreas, assim como a distância em relação a outros centros urbanos (Schalch et al., 2002, p.1), geram grandes preocupações ambientais.

A existência de lixões – ambientes inadequados de destinação final dos resíduos sólidos – onde são descartados sem qualquer cuidado, proporciona um grave problema para a saúde pública e para o meio ambiente, que repercute negativamente no setor econômico, pois, com uma produção mais acelerada de resíduos e sua disposição final sem planejamento, desencadeia no desperdício de materiais e de energia. Uma saída para erradicar esse problema é o tratamento adequado na origem, através da separação de materiais para a reciclagem.

O manejo inadequado dos resíduos sólidos urbanos (RSUs) causa impactos negativos para a economia, sobretudo na reutilização e na coleta seletiva. Por meio da reciclagem, há uma valorização econômica na transformação de muitos materiais que busca contribuir para geração de emprego e renda, minimizando a desigualdade social e proporcionando uma melhoria na qualidade ambiental.

A coleta seletiva tem apresentado uma expansão em alguns municípios, devido ao desenvolvimento econômico e urbano o qual tem gerado uma maior quantidade e variedade de resíduos. De acordo com Mano et al. (2005), coleta porta a porta consiste na coleta de materiais secos de forma separada ou de uma só vez, dependendo do objetivo do programa implantado. Já os postos de coleta voluntária são normalmente instalados em pontos estratégicos, para onde a população pode levar seus materiais pós-consumidos, que serão colocados em caçambas e contêineres de diferentes cores. Em seguida, o que é coletado é encaminhado para diversos destinos finais.

Com relação à reciclagem, entende-se que se trata de uma maneira de reduzir o volume dos RSUs na destinação final e que vem sendo estimulada em vários municípios. Todavia, acredita-se que é por meio da reciclagem que se busca recuperar matéria-prima, aumentar economia de energia e reduzir o impacto ambiental, proporcionando ainda a criação de novos postos de trabalho e consequentemente a geração de renda.

Em meio a essa atmosfera, uma significativa parcela é formada por embalagens descartadas pelos consumidores, e entre elas está o PET (polietileno tereftalato) que vem tendo o seu uso intensificado nos últimos anos, devido à substituição das embalagens de vidro para água, refrigerantes e sucos. Segundo Valt (2007), a embalagem PET é a responsável pelos maiores impactos ambientais.

Por ser o planejamento da atividade de coleta seletiva uma questão que envolve conflito de interesses nas avaliações, derivados da carência e limitação dos recursos pela quantidade de atores envolvidos e pela existência de objetivos não quantificáveis, opta-se pela utilização de métodos multicritério.

O modelo de aplicação de metodologia de multicritério busca apoiar os tomadores de decisão a fazer a melhor escolha do tratamento e destino dos resíduos sólidos, sendo uma importante ferramenta de gerenciamento estratégico para a obtenção de resultados eficientes. Também permite o gerenciamento da coleta seletiva, que tem sido uma preocupação básica em prover, adequadamente, um ambiente sustentável para o homem.

Quanto à construção do modelo multicritério, é necessária a utilização de modelos e métodos quantitativos disponíveis no software M-Macbeth, que torna a pesquisa quantitativa e de caráter

descritivo quanto ao objetivo e grau do problema, visto que a evidência da solução mais aceitável para o problema em estudo é mais indireta do que uma pesquisa de caráter causal, o que torna mais adequado o uso dessa evidência em um processo decisório, já que requer a experiência e o julgamento do decisor quanto à natureza das relações causais.

Sendo assim, o objetivo do artigo é fazer uma análise de multicritério na coleta seletiva de PET, aplicando a ferramenta M-Macbeth no município do Crato-CE.

Referencial teórico

Gestão dos Resíduos e Sustentabilidade

Devido ao crescimento acelerado da sociedade, às inovações tecnológicas e aos novos hábitos e consumos da população, os resíduos gerados têm alterado, significativamente, o ciclo natural do sistema, visto que há uma aceleração dos processos de produzir e consumir enquanto a decomposição fica em déficit. Isso acontece porque os produtos fazem parte da “Era dos Descartáveis” e são lançados ao meio ambiente, na maioria, sem critérios de seleção e cuidados especiais, o que, segundo, Rodrigues e Canivato (2003), trata-se de uma atitude que reproduz os hábitos e costumes da sociedade.

Para Lopes (2003), a gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSUs) consiste em todas as normas e leis relacionadas a eles. Enquanto que o conceito de gerenciamento integrado dos resíduos sólidos (GIRS) busca integrar todas as operações que envolvem os resíduos, como coleta, tratamento, disposição final, entre outras. Ao passo que as atividades executadas para a gestão, a primeira etapa é a realização de um diagnóstico socioambiental, ou seja, é a consideração do levantamento inicial das principais potencialidades do município.

Dessa forma, a gestão dos resíduos sólidos deve acontecer de forma integrada, bem como fundamentada em três aspectos: institucional, legal e mecanismos de sustentabilidade.

A gestão dos resíduos sólidos, por sua vez, tem gerado imensos desafios para a sociedade moderna, sobretudo para a administração pública, visto que a quantidade e a diversidade de resíduos, o crescimento populacional e o consumo, a expansão de áreas urbanas e a cultura histórica de aplicação de recursos são insuficientes para a gestão adequada de resíduos (Guia PNRS, 2011).

O manejo eficiente dos resíduos sólidos urbanos (RSUs) consiste em um dos grandes desafios enfrentados, atualmente, pelos municípios das cidades brasileiras (Neves e Souza, 2010). Uma realidade que tem em seu contexto a aplicação de leis e ações que visam à redução da produção de resíduos, bem como à reutilização e reciclagem desses materiais. Sendo a coleta seletiva uma alternativa viável para o problema ambiental, conseqüente do descarte dos resíduos, segundo a PNRS, é pode ser definida como a coleta de resíduos segregados previamente (Brasil, 2010).

Segundo D’Almeida (2000), considerar que para uma coleta seletiva se tornar realmente eficaz é necessária a participação efetiva da população na separação dos materiais secos dos úmidos em domicílio, onde, posteriormente, o órgão competente faça a recolha e a segregação detalhada dos materiais realizada pelos catadores ou pelos serviços de coleta seletiva municipal (Cempre, 2010).

A Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20) definiu o desenvolvimento sustentável como um modelo capaz de prevê a integração entre econômico, social e ambiental. Trata-se da noção de que o crescimento econômico deve ter em consideração a inclusão social e a proteção ambiental (Rio+20, 2012).

Sustentabilidade pode ser compreendida quando se atribui um sentido amplo à palavra “sobrevivência”. No entanto, é algo que proporciona sempre um desafio ao homem, de modo que trata da sobrevivência ou manutenção dos recursos naturais para as gerações futuras (Cogo; Oliveira; Tesser, 2013).

A sustentabilidade corporativa trata-se de algo totalmente integrado ao processo de tomada de decisão e às operações das empresas, porém a dificuldade está em incorporá-la no dia a dia empresarial e em proporcionar vantagens competitivas (Gonçalves-Dias, Guimarães e Santos, 2012; Lacy, Cooper, Hayward e Neuberger, 2010).

Para Boons, Baumann e Hall (2012), aumentar a sustentabilidade das atividades de produção e de consumo requer fundamentação tanto gerencial como de políticas pertinentes para análise dos sistemas econômicos das empresas e dos consumidores individuais.

PET (polietileno tereftalato)

O polietileno tereftalato foi criado por volta de 1941, por Win Field e Dickson, muito conhecido poliéster, aplicado na indústria somente após a 2ª Guerra Mundial por meio de fibras têxteis conhecidas como Tergal (Valle, 1995).

A embalagem PET (polietileno tereftalato) é produzida industrialmente por duas frentes químicas. A primeira seria a esterificação direta do ácido tereftálico purificado (PTA) com etileno glicol (EG); e a segunda, a transesterificação do dimetil tereftalato (DMT) com etileno glicol (EG) (Solomons, 2009).

No Brasil, a embalagem PET (polietileno tereftalato) tem presença recente, desde 1988, sendo alvo de discussões que abordam benefícios e malefícios da sua presença na vida da população. Todavia, para as empresas, esse tipo de embalagem é muito útil, principalmente, quanto a sua movimentação, à armazenagem e ao transporte, bem como para os consumidores de custo baixo, em particular, devido a sua popularização. No entanto, o descarte é algo preocupante por causa

da quantidade de resíduos que geram, e como estão dispostas no ambiente, gerando um crescimento da “cultura do descartável”.

“A PET é o material de plástico mais resistente para fabricação de garrafas para o envase de líquidos, a indústria de bebidas se destaca no critério utilização deste recipiente” (Brasilpet, 2009, p.1).

Esta embalagem é diariamente descartada em grande quantidade de maneira inadequada afetando e prejudicando o meio ambiente. A reciclagem deste material é de 50% ao ano, é uma boa solução para a reutilização desta embalagem, porém os resíduos gerados neste processo também prejudicam o meio ambiente em grande escala se comparados aos outros tipos de materiais, por exemplo, alumínio e vidro, (Abipet, 2008, p.1).

Em virtude da alta resistência mecânica (impacto) e química, a embalagem PET consegue conter os mais diversos produtos fabricados com higiene e segurança. Torna-se, portanto, vantajoso no âmbito industrial, já que pode ser reprocessado diversas vezes, tanto pela facilidade do seu processo de reciclagem quanto por permitir, devido ser formados por polímeros, o seu uso contínuo na cadeia produtiva.

Polímeros que formam boas fibras formam também bons filmes. Quando os polímeros são oligoméricos (pré-polímeros), podem ter aplicação importante no setor de adesivos, e o aumento substancial do peso molecular ocorre em uma segunda etapa (como em alguns polímeros de condensação). Podem ainda ter utilização no setor de tintas. Diversos polímeros solúveis em água são empregados no setor de alimentos e de cosméticos (Mano e Mendes, 2004, p.90).

Atualmente são recicladas no Brasil 274 mil toneladas do material, o que correspondem a um reaproveitamento de quase 51%, sendo que o PET reciclado tem a maior variedade de aplicações do mundo (Abipet, 2016). Aproximadamente 1.5 % do lixo sólido orgânico urbano, sendo 15% da resina PET (Cempre, 2008).

Dessa forma, para garantir eficiência e eficácia do processo de reciclagem do PET, faz-se necessário que haja um bom planejamento da coleta desse material, a fim de tornar eficaz a reciclagem, com a diminuição dos agravos ao meio ambiente.

A gestão e o manejo dos resíduos sólidos, no Brasil, são definidos na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305, de 2010, regulamentada por meio do Decreto nº 7404, de 2010, que após vinte anos de tramitação no Congresso Nacional estabeleceu um novo marco regulatório para o país (Jacobi e Besen, 2011).

Segundo, a pesquisa Ciclosoft desenvolvida pelo Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre), a grande parte das iniciativas e ações de coleta seletiva ocorrem de modo informal, com apenas 14% dos 5.561 municípios operando programas de coleta seletiva. De tal modo que desse total, 86% estão nas regiões sul e sudeste (Cempre, 2013).

Segundo Wiebeck e Piva (2004), a reciclagem proporciona uma significativa redução do custo de gerenciamento de resíduos, isso com menores investimentos em instalações de tratamento e disposição final, os quais promovem a geração de empregos.

A logística reversa (LR) consiste num tema de grande importância na atualidade e encontra-se recém inserido nas discussões ambientais, visto que a gestão dos resíduos sólidos nos municípios é um desafio de ordem mundial. A LR tema foi tratado com maior ênfase na pauta política do país a partir da Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que a define como:

instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (Brasil, 2010, p. 2).

A logística reversa pode ser definida como “um segmento especializado da logística que foca o movimento e gerenciamento de produtos e materiais após a venda e após a entrega ao consumidor. Inclui produtos retornados para reparo e/ou reembolso financeiro” (*Council of supply chain management professionals, 2015*).

Dessa maneira, a LR consiste em pensar nas operações logísticas considerando a preservação das riquezas naturais enquanto matérias-primas não renováveis e no meio ambiente quanto à absorção de resíduos, considerando a viabilidade econômica.

Análise de multicritério

A sociedade do terceiro milênio tem sido cada vez mais desafiada a preservar seus recursos naturais, exigindo uma nova postura na arte de viver, particularmente, no tratamento de resíduos sólidos, pois têm configurado uma das maiores e mais complexas dificuldades de tomada de decisão, visto que corresponde a recursos finitos com objetivos, extremamente, complexos que na realidade não perpetua em fácil quantificação. Isto, certamente, porque todo esse processo de apoio à tomada de decisão está, intrinsecamente, envolvido na esfera interdisciplinar, envolvendo uma abordagem genuinamente sistêmica.

Os indivíduos, frequentemente, são confrontados com situações pessoais, profissionais e organizacionais, que lhes impõem a tomar algum tipo de decisão. Isso faz com que muitas

decisões sejam complexas e que envolvam múltiplos objetivos, logo não existirá uma alternativa dominante que seja melhor do que todas as alternativas possíveis para todos os objetivos (Keeney e Raïffa, 1976; Guglielmetti *et al.*, 2005), proporcionando à necessidade de se estruturar um algoritmo, de modo a permitir o confronto de vários pontos de vista, muitas vezes contraditórios (Bana e Costa, 1993). Nesse aspecto, significa que a tomada de decisão está relacionada à pluralidade de pontos de vista, que podem ser definidos como critérios (Figueira *et al.*, 2005).

Para Roy (1990), a metodologia de multicritérios de decisão utiliza-se da visão prescritiva e construtiva, para aproximar-se dos problemas, com uma visão descritiva (o mundo como ele se apresenta) e normativa (o mundo como processos e com o uso de fórmulas matemáticas).

A técnica de construção de fronteiras de produção e de indicadores de eficiência produtiva que teve origem no trabalho de Farrel (1957) e foi generalizada por Charnes *et al.* (1978), trata-se da Análise Envoltória de Dados (DEA) uma técnica não paramétrica de avaliação da eficiência relativa de um conjunto de Unidades Tomadoras de Decisão (DMU - Decision Making Units) homogêneas. A proposta da técnica é de utilizar as quantidades de inputs consumidos e de outputs produzidos por unidade e, através da técnica de programação linear, a DEA cria, a partir da melhor prática observada, a fronteira eficiente de produção, a qual proporcionará a base para a avaliação da eficiência das demais unidades tomadoras de decisão (Ligarda & Naccha, 2006).

Para Gomes *et al.* (2002, p. 70) o “apoio multicritério à decisão busca estabelecer uma relação de preferências (subjetivas) entre as alternativas que estão sendo avaliadas, sob a influência de vários critérios”. Assim, deve-se levar em consideração que os processos decisórios são complexos e incluem diversos atores; que cada ator tem a sua subjetividade; verificar os limites da objetividade e considerar as subjetividades dos atores envolvidos; e que o problema não está definido nem estruturado.

Nessa perspectiva, a metodologia estabelece algumas vantagens que se baseiam na operacionalidade e julgamento pessoal, e podem ser destacadas como:

- a) facilitar o uso de não-especialistas, pois quando transformada em um programa de computador que seja o mais amigável possível com o usuário e disponha de recursos gráficos-visuais;
- b) estabelecer-se em um método lógico e transparente;
- c) exercer liberdade de incerteza para interpretações dos dados de entrada;
- d) inserir tanto critérios qualitativos como quantitativos;
- e) exercer julgamentos de valor em escalas cardinais ou verbais;
- f) lidar com alternativas que sejam independentes uma das outras, assim como dependentes.

Com isso, Gomes et al. (2002, p.73) esclarece que “tomar uma decisão é fazer uma escolha dentro do conjunto de alternativas factíveis (...) a eficiência na tomada de decisão consiste na escolha da alternativa que (...) ofereça o(s) melhor(es) resultado(s)”.

Uma maneira eficiente de construir respostas aos problemas relacionados aos resíduos sólidos tem-se como atores os empresários com interesses explícitos e racionais, os dos ambientalistas, gestores municipais e sociedade em geral com interesses difusos.

Uma maneira eficiente de construir respostas aos problemas relacionados aos resíduos sólidos tem-se como atores os empresários com interesses explícitos e racionais, os dos ambientalistas, gestores municipais e sociedade em geral, com interesses difusos.

M-Macbeth

O método Macbeth (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*) é um método de apoio à decisão desenvolvido na década de 1990, que admite avaliar opções, levando em consideração múltiplos critérios. É um método que se diferencia de outros métodos multicritérios por se fundamentar na ponderação dos critérios e na avaliação das opções em julgamentos qualitativos sobre diferenças de atratividade. Por intermédio do método é possível realizar a comparação de dados qualitativos via procedimento não numérico, buscando quantificar a atratividade relativa das opções.

De acordo com Marques, Gourc e Lauras (2011), com as respostas, a consistência é analisada através de uma escala numérica que representa os julgamentos dos tomadores de decisão. O método nesse caso possibilita adicionar notas a cada alternativa através da comparação pareada. Assim dadas às alternativas, o decisor julgará qual a mais atrativa e qual o grau desta atratividade em uma escala semântica.

O Macbeth (Bana Consulting, 2005) é um sistema multicritério de apoio à decisão, concebido para ser usado por um consultor (facilitador ou analista de decisão), seguindo o princípio construtivista, segundo o qual “o problema e a solução pertencem ao decisor e não ao consultor” (Schein, 1999).

A metodologia Macbeth pode utilizar o software M-Macbeth em suas etapas de apoio à tomada de decisões: estruturação, avaliação e elaboração de recomendações. É um processo sócio-técnico com varias fases (Figura 1), que “combina elementos técnicos da análise multicritério com aspectos sociais de *decision conferencing*” (Phillip e Bana e Costa, 2007).

Quanto à escala de valores, para que sejam atribuídas notas às alternativas de cada critério, o software faz uso do módulo scores, comparando par a par, cada alternativa; e por programação linear propõe uma escala de notas, analisando também os intervalos de variação sem tornar o

problema inconsistente. Para atribuir pesos e para construção do critério-síntese é utilizado o módulo *weights* do M-Macbeth. O M-Macbeth faz a comparação dos critérios de forma indireta, considerando fictícias as alternativas dos critérios (Soares De Mello et al, 2003).



Figura 1. Fases do processo M-Macbeth de apoio multicritério à decisão
Fonte: Phillip e Bana e Costa, 2007

O índice pode ser construído que do se reúne todos os critérios do problema por meio da análise e atribuição de pesos, preferências e escalas. A escolha da metodologia Macbeth, que pode ser considerada da Escola Americana de multicritério, tendo sido desenvolvida por Bana e Costa e Vansnick (1995; 1997) e apresentada em Bana e Costa e Chagas (2004).

Essa metodologia de apoio à tomada de decisão avalia opções de consideração de múltiplos critérios, sendo: a) capaz de transformar julgamentos qualitativos em quantitativos; b) verificar automaticamente a consistência dos julgamentos, proporcionando sugestões para solucionar eventuais inconsistências; c) o software é de fácil uso e de fácil explicação para o decisor, incluindo, nesse caso, a explicação da base axiomática; d) permite explicitar as preferências do decisor.

Materiais e Métodos

O município do Crato tem uma distância de aproximadamente 402,4 quilômetros da capital cearense (IBGE, 2016). Com uma população de 121.428 habitantes, dividida da seguinte forma: 100.937 na zona urbana e 20.525 na zona rural, distribuídos em uma área total de 1.176,467 km², com densidade demográfica de 94,05 hab./km². É a terceira cidade mais desenvolvida do estado do Ceará em número de residentes e o 9º maior PIB do Estado (IBGE, 2010). Os serviços de coleta

comum acontecem em toda a cidade, abrangendo aproximadamente 100% da área urbana, assim como os distritos do município e loteamentos irregulares.

O município não possui uma usina de triagem e compostagem. Assim todos os resíduos sólidos coletados têm como destino final o lixão. No entanto, existe a presença dos catadores de materiais recicláveis que trabalham dispersos na cidade (SNIS, 2014), vinculados à Associação dos Agentes Recicladores do Crato. Criada desde dezembro de 2005, ela recebe embalagem longa vida, metais, papel branco, plástico e vidro, com objetivo de retirar o catador do ambiente insalubre (lixão), proporcionando a reintegração social por meio da geração de renda, contribuindo, ainda, para a destinação adequada dos materiais. Dessa forma, os materiais recolhidos são conduzidos até a associação, onde tem como atividade logística principal o armazenamento temporário, a triagem e a comercialização. Segundo dados do SNIS (2014), a quantidade de catadores associados é de 60 pessoas.

Dentre os principais materiais denominados e encaminhados para a entidade por meio de um trabalho de coleta diária em sistema porta a porta nas residências, bem como em 14 ecopontos espalhados em alguns bairros do município, desenvolve-se a comercialização de produtos recicláveis, em processo de compra e venda, contando inclusive com a contribuição de catadores não cadastrados. Os materiais recicláveis são: PET, plástico mole, bacia, filme limpo, plástico tipo filme semilimpo, embalagem “Brilux”, recipiente “polidor”, cadeira de plástico, tubo de 5L, tubo de 2L, tampa, PVC, papel branco, jornal, papelão, ferro, latinha, cobre, panela de alumínio, garrafinha tipo “coquinho”, “ypióca”, óleo, “long neck”, “Melissa”, recipiente de detergente. Já os rejeitos da coleta seletiva são enviados ao lixão do município.

A pesquisa desenvolvida é descritiva. Quanto à abordagem, apresenta-se como qualitativa. Os procedimentos metodológicos basearam-se em revisões de literatura, coleta de dados: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpre), visitas à associação, ao lixão e aos ecopontos.

Os dados se referem à coleta seletiva das embalagens PET realizada pela Associação dos Agentes Recicladores do Crato, entre os meses de maio e outubro de 2016. Para tanto, foram coletados dados quantitativos como peso mensal das embalagens PET e o valor de venda, e dados qualitativos tais como importância, impacto social, ambiental e logístico desse tipo de material.

A partir dessa coleta de dados foram definidos os critérios que serão avaliados pelo tomador de decisão principal (responsável pela associação), para a realização da análise de multicritério como uma forma de se estabelecer a importância dos critérios escolhidos, utilizando como ferramenta de apoio à tomada de decisão o M-Macbeth.

Resultados

A pesquisa mostra que a Associação dos Agentes Recicladores do Crato é importante para o município do Crato, onde se é contemplada a coleta seletiva, timidamente, mas que colabora de maneira gradativa para melhorias de disposição final dos resíduos sólidos.

A coleta seletiva é realizada em prédios públicos e escolas municipais por intermédio dos ecopontos espalhados nesses espaços. O que não diminui o quadro de catação de recicláveis no lixão.

A aplicação do modelo seria realizada basicamente em três etapas, cuja primeira está relacionada à avaliação das escolhas realizadas pela analista quanto a alternativas e critérios, que poderiam ser desconsiderados e acrescidos. No que tange aos critérios, deve ser solicitada análise quanto a sua forma de avaliação.

Para os critérios acrescentados, solicitar-se-ia indicar sua forma de avaliação. Critérios remanescentes seriam ponderados.

Na segunda etapa da pesquisa se consolida os dados obtidos – alternativas, critérios e pesos. Já quanto à apresentação e a avaliação dos resultados finais da pesquisa – terceira e última etapa do processo – esta deve ser gerada a partir do uso do Método Multicritério Macbeth.

A Tabela 1 apresenta a estruturação do problema segundo o ponto de vista do tomador de decisão.

Tabela 1. Apoio à decisão na estruturação do problema

| Critérios | Níveis de impacto | Descrição dos níveis de impacto para cada critério | Referência / classificação |
|---|-------------------|---|----------------------------|
| C1: influência do aproveitamento do PET | N3 | Não contaminação do meio ambiente (solo, lençóis freáticos) | Muito bom |
| | N2 | Reaproveitamento de centenas de toneladas de embalagens | Bom |
| C2: quantidade recolhida do PET | N1 | Economia dos recursos naturais | Regular |
| | N4 | Acima de 1000 kg | Muito bom |
| | N3 | Entre 500 a 1000 kg | Bom |
| | N2 | Entre 200 a 500 kg | Regular |
| C3: logística de descarte do PET | N1 | Abaixo de 200 kg | Fraco |
| | N3 | Na fonte geradora | Muito bom |
| | N2 | Pontos de coleta | Bom |
| | N1 | Coleta pelos recicladores No lixão | Regular Fraco |

Fonte: elaborada pelos autores

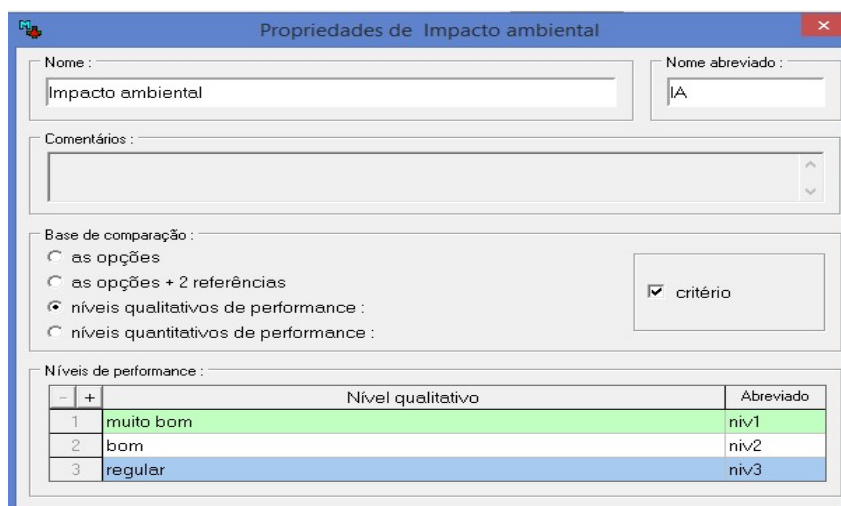
A partir dessa estruturação é iniciado o processo da árvore de critérios e a definição das opções de estudo a serem analisadas, que são os critérios de avaliação, conforme Figura 2. Configuram-se as opções como produtos finais a partir do destino das embalagens PET.



Figura 2. Árvore de critérios construídas para o estudo
Fonte: Elaborada pelos autores

Com relação às opções de estudo são: impactos pós-consumo - causados pelas garrafas encaminhadas para o lixão e principalmente por aquelas que são descartadas diretamente no meio ambiente; empresa de reciclagem - revalorização realizando a descontaminação e adequação do material coletado e selecionado para que possa ser utilizado como matéria prima na indústria de transformação.

A Figura 3 mostra a definição dos níveis qualitativos de performances do critério “impacto ambiental”, a qual servirá de base para realização da comparação de intercritérios. Sendo, também, realizada nos demais critérios.



Nome: Impacto ambiental Nome abreviado: IA

Comentários:

Base de comparação:

as opções

as opções + 2 referências

níveis qualitativos de performance:

níveis quantitativos de performance:

critério

| - | + | Nível qualitativo | Abreviado |
|---|---|-------------------|-----------|
| 1 | | muito bom | niv1 |
| 2 | | bom | niv2 |
| 3 | | regular | niv3 |

Figura 3. Definição das propriedades de critérios
Fonte: Elaborada pelos autores

Quanto à ordenação das opções ou dos níveis de desempenho dos critérios, foi realizado o julgamento qualitativo de atratividade para cada critério estabelecido, de tal modo que as diferenças de atratividade foram previamente definidas pelos tomadores de decisão e copiladas no software.

Na Figura 4 se mostra a ordenação do critério “impacto ambiental”, onde se apresenta a comparação dos níveis de desempenho quanto à atratividade. Todavia, para cada julgamento o M-Macbeth verifica de modo automático a sua compatibilização com os julgamentos que são introduzidos na matriz.

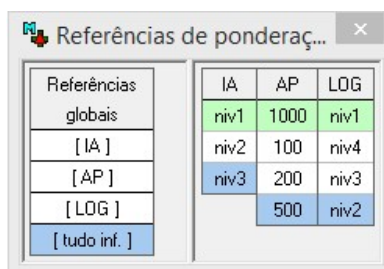


| | niv1 | niv2 | niv3 | Escala atual | |
|------|------|-------|-----------|--------------|-----------|
| niv1 | nula | forte | mt. forte | 100 | extrema |
| niv2 | | nula | forte | 50 | mt. forte |
| niv3 | | | nula | 0 | forte |
| | | | | | moderada |
| | | | | | fraca |
| | | | | | mt. fraca |
| | | | | | nula |

Julgamentos consistentes

Figura 4. Matriz de atratividade
Fonte: Elaborada pelos autores

A Figura 5 mostra, por sua vez, as referências de ponderação indicando as mais viáveis.



| Referências globais | IA | AP | LOG |
|---------------------|------|------|------|
| [IA] | niv1 | 1000 | niv1 |
| [AP] | niv2 | 100 | niv4 |
| [LOG] | niv3 | 200 | niv3 |
| [tudo inf.] | | 500 | niv2 |

Figura 5. Referências de ponderação processadas
Fonte: Elaborada pelos autores

Após as referências de ponderação se realiza a análise da atratividade para cada opção em relação a cada critério estabelecido pelos tomadores de decisão, conforme Figura 6.

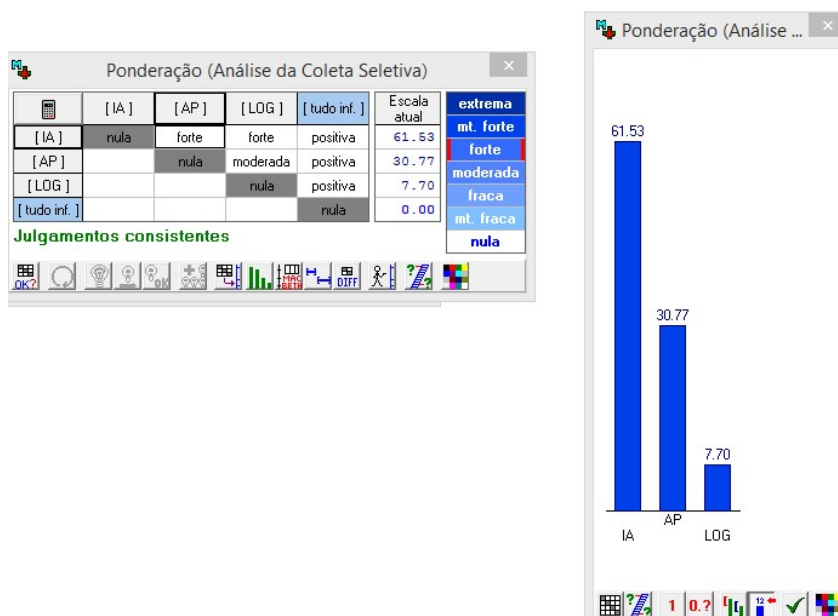


Figura 6. Informações da ponderação processada
Fonte: Elaborada pelos autores

Na verdade, a Figura 6 é o resultado do julgamento de atratividade intercritérios, de modo que apresenta as pontuações de cada critério, tendo como base a avaliação qualitativa.

Conclusões

O desenvolvimento da pesquisa demonstrou a complexidade do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no município do Crato-CE. Nesse sentido, a associação de recicladores torna-se uma entidade imprescindível para minimizar os impactos gerados pelos materiais recicláveis, gerando trabalho e renda por meio da associação, além dos benefícios para o meio ambiente.

O estudo mostra que a Associação dos Agentes Recicladores do Crato é importante para o município, embora não se evidencie a preparação do pessoal envolvido na coleta seletiva em cursos de capacitação que ofereçam noções básicas de higiene, de separação dos materiais, de relações humanas, de gestão financeira e administrativa. Nesse caso, seria uma maneira de aumentar a produtividade que possibilite agregação de valor no processo de trabalho dos recicladores.

A cidade do Crato é contemplada pela coleta seletiva, de forma tímida, mas, se houver apoio do poder público e colaboração efetiva da população, a cidade inteira poderá ser contemplada, e, de forma gradativa, apresentar melhorias na disposição final dos resíduos sólidos.

Atualmente, a coleta seletiva é realizada em prédios públicos e escolas municipais por meio dos ecopontos espalhados nesses espaços. O que não diminui o quadro de catação de recicláveis no lixão, onde há presença de pessoas que aguardam a chegada do caminhão da coleta de resíduos sólidos urbanos para começarem a catação, em condições de insalubridade e de alto risco de acidentes, numa constante busca pela sobrevivência.

A Associação dos Agentes Recicladores do Crato é muito importante e busca contribuir para a sustentabilidade ambiental. No entanto, muitas ações precisam ser avançadas, tendo em vista a melhoria da qualidade socioambiental, de tal modo que o desenvolvimento de ações educativas e de gestão sejam prioridades do poder público, para assim promover uma cidade sustentável.

Por ser o PET um resíduo muito utilizado como matéria-prima, tem maior rentabilidade e aceitação no mercado.

O *software* M-MACBETH proporciona uma tomada de decisão mais criteriosa, no qual há como opção a simulação de várias possibilidades, facilitando o trabalho dos gestores na tomada de decisão.

Assim, tomar decisão é uma tarefa delicada, difícil e impactante, mas que, muitas vezes, pode levar em consideração condições emocionais e interpessoais daquele que a toma. Neste trabalho foi apresentado o Modelo Multicritério Macbeth como uma ferramenta para auxiliar na tomada de decisão.

O Modelo Multicritério Macbeth faz a análise dos atributos inseridos na árvore submetida por quem toma a decisão e, posteriormente, calcula os valores dessas variáveis nos atributos, chegando, assim, a uma classificação final que mostra os resultados obtidos sem o intermédio de qualquer órgão externo.

A abordagem proposta foi avaliada com dados de três critérios essenciais para a coleta seletiva. Considerando a sua importância, em cada atributo existente, pode-se concluir que o Modelo Multicritério Macbeth atingiu bons resultados, mostrando sua eficiência fazendo a melhor análise de decisão. Assim, consideramos apropriada e eficiente a utilização da ferramenta aqui proposta para auxiliar na tomada de decisão, pelo fato de seus resultados serem precisos e condizentes com a situação analisada no trabalho.

Referencias bibliográficas

- ABIPET, Associação Brasileira da Indústria do Pet (2016) *Introdução*. Acesso em 11 dez. 2016. Disponível em: <http://www.abipet.org.br/index.html>.
- Bana e Costa, Carlos A. (1993) *Processo de Apoio à Decisão: Problemática, Actores e Acções Santa Catarina*, p. 24.
- _____. (1993) *Três Convicções Fundamentais no Processo de Apoio à Decisão*. Santa Catarina, p. 4.

- Bana C., C.A., de Corte, J.M., Vansnick, J.C. (2005) *On the mathematical foundation of MACBETH*. [A. do livro] J. Figueira, S. Greco e M. Ehrgott. Multiple criteria decision analysis. N. York : Springer.
- Boons, F., Baumann, H., Hall, J. (2012) Conceptualizing sustainable development and global supply chains. *Ecological Economics*, **83**(nov.), 134-143.
- Brasil (2010) *Lei nº 12.305, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências*. Publicação Diário Oficial da União, Brasília – DF, 2 de agosto de 2010.
- Brasil (2012) Ministério do Meio Ambiente. *Plano nacional de resíduos sólidos*. Brasília, Publicação Diário Oficial da União. 103 pp.
- Brasil (2016) *Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos*, Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2016. Acesso em: 20 mai. 2016. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>
- Brasilpet, *Reciclagem e Comércio de Plástico (2016) Empresa*. Acesso em 23 dez 2016, disponível em: <http://www.brasilpet.com.br/empresa.htm>.
- Brasilpet, *Reciclagem e Comércio de Plástico (2016) Reciclagem*. Acesso em 23 dez 2016, disponível em: <http://brasilpet.com.br/reciclagem.htm>
- Bringhenti, J.R. (2004) *Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais e da participação da população*, Tese de Doutorado, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo: SP, Brasil.
- Castro, F.B.P., Souza, A.V. , (2010) Política Nacional de Resíduos Sólidos é um marco abrangente. Acesso em 21 out. 2016. Disponível em <https://www.conjur.com.br/2010-ago-19/politica-nacional-residuos-solidos-marco-regulatorio-abrangente>
- CEMPRE, Compromisso Empresarial para Reciclagem (2013). Review 2013. Acesso em 31 jan 2016, São Paulo: Cempre. Disponível em: <http://www.cempre.org.br>
- Cogo, G.A.R., Oliveira, I.L., Tesser, D.P. (2012) *Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) – Um Instrumento a favor da Sustentabilidade na Administração Pública*. Acesso em 1 de outubro de 2013. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2012_TN_STO_167_969_20065.pdf
- D’Almeida, M. L. O. (Coord.) (2000) *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. 2. ed. Brasília: CEMPRE.
- Figueira, J., Greco, S. e Ehrgott, M. (2005), *Multiple criteria decision analysis*, N. York: Springer, 2005.
- IBGE, *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014/ 2016)*. Acesso em 30 nov. 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>
- IBAM, Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2004) *O cenário dos resíduos sólidos no Brasil*, acesso em 1º mar de 2016, disponível em: <www.ibam.org.br/publique/media/Boletim1a.pdf>.
- IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. (2012) *Ceará em números 2011.2012*, Acesso em 17 out 2016 disponível em: < http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara_em_numeros/2011/completa/Ceara_em_Numeros_2011.pdf>..
- Jacobi, P.R., Besen, G.R. (2011) *Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Estudos Avançados*, **25**(71), 135-158. Recuperado em 20 de novembro, 2014, de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-
- Keeney, R.L., Raiffa, H. (1976) *Decision with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*, New York: John Wiley.
- Gomes, L.F.A.M., Gomes, C.F.S. e Almeida, A.T. (2002) *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*. S. Paulo, Atlas.
- Gonçalves-Dias, S.L.F., Guimarães, L.F., Santos, M.C.L. (2012) *Inovação do desenvolvimento de produtos “verdes”: integrando competências ao longo da cadeia produtiva*. *Revista de Administração e Inovação*, **9**(3), 129-153.
- Guglielmetti, F., Marins, F., Salomon, V. (2005) *Comparação teórica entre métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios*. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais. 23.
- Lacy, P., Cooper, T., Hayward, R., Neuberger, L. (2010) *A new era of sustainability: UN Global Compact-Accenture CEO study 2010*. Acesso em: 14 de janeiro, 2014. Retrieved from: New York United Nations Global Compact and Accenture.

- Ligarda, L., Naccha, M. (2006) La eficiencia de las organizaciones de salud a través del análisis envolvente de datos. Microrredes de La Dirección de Salud IV Lima Este 2003. *AnFacMed Lima*, **67**(2), 142-151.
- Mano, E.B., Pacheco, E.B.A.V., Bonelli, C.M.C. (2005) *Meio Ambiente, Poluição e Reciclagem*, 1ª ed, São Paulo, Edgard Blucher.
- Minghua Z., Xiumin F., Rovetta A., Qichang H., Vlcntini F., Bingkai L., Giusti A., Yi L (2009) Municipal solid waste management in Pudong New Area, China. *Waste Manage*, **29**, 1227–1233.
- Rodrigues, F., Canivato, V. (2003) *Lixo: de onde vem para onde vai?* 2.ed. São Paulo: Moderna, 95 pp.
- Roy, B. (1990) Decision-aid and decision-making. *European Journal of Operational Research*, **45**(2-3), 324-331. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90196-l](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(90)90196-l)
- Schalch, V., Leite, W.C.A., Fernandes Júnior, J.L., Castro, M.C.A.A. (2002). *Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos*. Tese (Livre Docência). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.
- Singh A, Sharma S (2002) *Composting of a crop residue through treatment with microorganisms and subsequent vermicomposting*. *Bioresour Technol* **85**(2), 107–111.
- Solomons, T.W. Graham (2009) *Química orgânica*. 9. ed. São Paulo: LTC (Grupo GEN).
- Valle, C.E. (1995). *Reciclagem no Brasil: O Desafio de Ser Competitivo Protegendo o Meio Ambiente*. 1. ed. São Paulo: Pioneira, 1995
- Valt, R.B.G. (2007) *Ciclo de vida das embalagens para bebidas no Brasil*. Brasília: Thesaurus Editora.
- Wiebeck, H., Piva, A. M. (2004) *Reciclagem do Plástico*, São Paulo, Editora Artliber.