

APLICAÇÃO DO IDEF-SIM NA MODELAGEM CONCEITUAL DE PROCESSOS DE SELEÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Josiane Palma Lima

Universidade Federal de Itajubá
Caixa Postal: 50 - CEP: 37500 903 - Itajubá - MG
jplima@unifei.edu.br

Kelly Carla Dias Lobato

Universidade Federal de Itajubá
Caixa Postal: 50 - CEP: 37500 903 - Itajubá - MG
kcarladl@yahoo.com.br

Fabiano Leal

Universidade Federal de Itajubá
Caixa Postal: 50 - CEP: 37500 903 - Itajubá - MG
fleal@unifei.edu.br

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo a aplicação da técnica de mapeamento IDEF-SIM na modelagem conceitual do processo de seleção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), visando dar suporte à simulação computacional. Tem-se como objeto de estudo uma Associação de Catadores de Materiais Reciclável (ACIMAR) em Itajubá – MG. O trabalho contou com a revisão da literatura para a caracterização do problema da coleta seletiva no Brasil e a contextualização de simulação computacional, mais especificamente a técnica de modelagem conceitual conhecida como IDEF-SIM. O estudo foi viabilizado pelo levantamento primário de dados por meio de observação, entrevista e questionário para posterior modelagem do processo de seleção dos materiais da associação estudada. O modelo conceitual desenvolvido possibilitou a percepção dos gargalos de produção que poderão ser trabalhados na simulação do processo como um todo, a fim de racionalizar o trabalho e obter ganhos em produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Urbanos, Modelagem Conceitual, Simulação

ABSTRACT

The objective this work was the present application of the mapping technique IDEF-SIM in conceptual modeling of the selection process of Urban Solid Waste (USW) developed in an Association of Recyclable Materials Collectors in Itajubá - MG. The work included the review of the literature to characterize the problem of selective collection in Brazil and the context of computer simulation, specifically the technique of conceptual modeling known as IDEF-SIM. The gathering of was performed by observation, interview and questionnaire for subsequent modeling of the selection of materials of the association studied. The conceptual model developed allowed the perception of production bottlenecks that could be worked into the simulation in order to streamline the work and achieve gains in productivity.

KEYWORDS: Urban Solid Waste, Conceptual Modeling, Simulation

1. Introdução

A maior capacidade da população para o consumo tem como consequência o retorno para o meio ambiente dos resíduos sólidos urbanos (RSU), gerando maior poluição e o uso desenfreado dos recursos naturais. A fim de buscar soluções para estes problemas, países do mundo inteiro vêm se reunindo em encontros e conferências, com estudos sobre estratégias para a gestão adequada dos RSU, como: a minimização da produção de resíduos; a maximização de práticas de reutilização e reciclagem ambientalmente corretas; a promoção de sistemas de tratamento e disposição de resíduos compatíveis com a preservação ambiental; a extensão de cobertura dos serviços de coleta e destino final (SATO & SANTOS, 1996).

Além dos desafios da sustentabilidade, a gestão de RSU agrega a demanda social que o mantém, permitindo a criação de associações de catadores de materiais recicláveis que sobrevivem da coleta deste tipo de material e separação de acordo com o tipo (tipos de plástico, papel, papelão, alumínio, vidro, entre outros) e com a cor, o que permite agregar valor antes da venda para grandes depósitos e empresas de reciclagem. Segundo Parreira *et al.* (2009) são muitos os desafios enfrentados por esses empreendimentos associativos, dentre os quais se destaca a baixa produtividade com efeitos diretos na pequena arrecadação dos associados e a ausência de recursos para melhoria do processo. Indiretamente, diminuem também os benefícios ambientais da reciclagem, colocando em questão sua viabilidade como alternativa às outras destinações do RSU, como o aterramento ou a incineração.

Aumentar a eficiência dos processos relacionados com o tratamento de RSU, desde a coleta até a reciclagem, reduzindo custos de modo que viabilize a universalização da coleta seletiva, é uma questão estratégica para se manter a reciclagem como a principal alternativa para a destinação final dos resíduos sólidos a longo prazo.

Em face desta dificuldade, devido à falta de uma melhor utilização dos recursos necessários no desenvolvimento das atividades, o uso de simulação computacional pode ser uma alternativa ao auxílio à tomada de decisão para solução dos problemas nestes sistemas produtivos. Em virtude da complexidade dos sistemas reais, a simulação computacional tem se tornado uma ferramenta bastante utilizada, uma vez que permite avaliar sistemas complexos e considerar seu comportamento dinâmico (LEAL *et al.*, 2009). Segundo Spina (2007) a simulação possibilita a análise da efetividade de uma solução sem a necessidade de implementá-la, além de possibilitar o estudo de vários cenários, vantagem evidenciada quando se deseja realizar ações que demandam custos elevados e que não se sabe ao certo o resultado que será obtido com sua implementação. Por outro lado, a compreensão adequada de todas as atividades que participam do processo permite a identificação dos principais gargalos e pode ser realizada por meio da modelagem conceitual do processo.

Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo apresentar a aplicação da técnica de mapeamento IDEF-SIM na modelagem conceitual do processo de seleção de RSU, visando dar suporte à simulação computacional. Tem-se como objeto de estudo uma Associação de Catadores de Material Reciclável (ACIMAR), em Itajubá – MG. O trabalho contou com a revisão da literatura para a caracterização do problema da coleta seletiva no Brasil e a contextualização de simulação computacional, mais especificamente a técnica de modelagem conceitual conhecida como IDEF-SIM. O estudo foi viabilizado pelo levantamento primário de dados por meio de observação, entrevista e questionário para posterior modelagem do processo de separação dos materiais da associação estudada.

2. A cadeia produtiva no tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

A coleta seletiva tem um papel fundamental na adequada destinação dos resíduos sólidos urbanos, na geração de emprego e renda e no desenvolvimento de empresas recicladoras. Para aumentar o volume de material coletado e triado, o incentivo às associações e cooperativas de coletores de rua é de fundamental importância, pois os coletores de rua são os responsáveis pela maior parcela de material recuperado e transformado em matéria-prima para as indústrias recicladoras em todo o país.

As pessoas que vivem de coletar RSU podem ser classificadas, de acordo com Maccarini & Hernández (2007), em três classes básicas: o catador propriamente dito, que vive nos lixões, coletando RSU para posteriormente vendê-los para intermediários ou atravessadores (sucateiros). Existem aqueles que catam nas ruas com seus carrinhos, carroças ou outros veículos, os quais são muitas vezes chamados

de carrinheiros, comercializando seus materiais com sucateiros. Por último, há aqueles que trabalham em centros de triagem de materiais recicláveis, freqüentemente vinculados a alguma cooperativa ou associação, chamados de trabalhadores coletores ou catadores de materiais recicláveis.

A sustentabilidade dessa cadeia produtiva é mantida quando a coleta seletiva diminui o volume de resíduos sólidos que vai para os aterros sanitários, ou quando os RSU são encaminhados para centrais de triagem, mantidas por cooperativas de catadores, que têm um trabalho mais digno do que vasculhar lixões. Entretanto, um dos desafios da construção do desenvolvimento sustentável é criar instrumentos de mensuração capazes de prover informações que facilitem a avaliação do grau de sustentabilidade das sociedades, monitorem as tendências de seu desenvolvimento e auxiliem na definição de metas de melhoria (POLAZ & TEIXEIRA, 2009). Por se tratar de organizações com fins lucrativos, as associações de catadores necessitam de uma estrutura capaz de gerir com eficiência todas as etapas do processo e, assim, se tornarem um empreendimento sustentável.

Parreira, *et al.* (2009) comentam que a baixa produtividade nos empreendimentos associativos de reciclagem tem um efeito direto sobre as arrecadações das associações, implicando na baixa remuneração dos catadores e em dificuldades para fazer investimentos de melhorias no processo. Mais indiretamente, a baixa produtividade restringe a ampliação da coleta seletiva e, conseqüentemente, minimiza os benefícios potenciais da reciclagem para o meio ambiente. O faturamento das associações de catadores depende quase exclusivamente da comercialização dos materiais. Portanto, a baixa produtividade desses empreendimentos reflete diretamente na renda dos associados, o que, por sua vez, influencia a “motivação” para o trabalho e é também fonte de conflitos e indisciplinas.

De acordo com Tchobanoglous (1977 apud CUNHA & CAIXETA FILHO, 2002), as atividades gerenciais relacionadas com os RSU podem ser agrupadas em seis elementos funcionais. A etapa de geração de resíduos depende da quantidade de resíduos produzida pela população, variando sazonalmente de acordo com época do ano, classe econômica e outros fatores. Em seguida, o acondicionamento é a primeira etapa do processo de remoção de RSU e utilizam-se vasilhames para acomodá-los. Após essa etapa, inicia-se a coleta, que consiste na saída do caminhão de sua garagem até seu retorno, depois de passar por toda a extensão por onde a coleta é realizada. O transbordo é uma etapa intermediária entre a coleta e a separação, na qual os caminhões de coleta depositam o material coletado em veículos com maior capacidade, que levam os RSU até o depósito. Processamento e recuperação é a etapa na qual é decidido o que será feito com o material coletado, podendo ser um processamento definitivo, como no caso da incineração, ou reuso, no caso da reciclagem. Por fim, a etapa de disposição final consiste no confinamento dos resíduos sólidos, como aterros sanitários. Em se tratando de destinação final, os resíduos sólidos passam pelo processo de reciclagem ou compostagem, são transformados em matéria-prima e retornam à cadeia produtiva.

Portanto, são vários os processos envolvidos desde a geração dos resíduos sólidos até seu destino final. Já para as associações de catadores, a maior importância é dada aos processos de beneficiamento dos RSU, pois são os que fazem parte da estrutura de produção na organização. Dentro dessa cadeia, o processo produtivo das associações consiste na coleta dos materiais, distribuição nos boxes, triagem, prensagem e amarração dos fardos, armazenagem e comercialização. Para que se colham bons frutos, uma organização deve gerir seus processos de forma organizada, utilizar técnicas para observar os gargalos existentes e buscar a melhoria da produtividade com análises freqüentes sobre a existência de atividades que não agregam valor e que poderiam ser eliminadas, simplificadas ou combinadas.

O gargalo pode estar situado em qualquer elo da cadeia produtiva e ser conseqüência de causas materiais, como baixa qualidade dos insumos de produção e capacidade de equipamentos, de causas organizacionais, tal como estrutura organizacional, formas de organização do trabalho, ou ainda de procedimentos adotados ou motivacionais, como, por exemplo, salários e esforço despendido (PARREIRA *et al.*, 2009).

3. Simulação Computacional

A simulação computacional de sistemas produtivos é utilizada como uma poderosa ferramenta para o planejamento, o projeto e o controle de sistemas produtivos complexos (SILVA, 2006). Em acréscimo, a simulação também pode ser considerada como uma metodologia de resolução de problemas que busca imitar um procedimento real em menor tempo e com menor custo, uma vez que permite um

melhor estudo do que vai acontecer e de como consertar erros que gerariam grandes gastos.

Segundo O’Kane *et al.* (2000) algumas aplicações para o uso de simulação em ambientes manufatureiros seria: auxiliar no planejamento de layouts; planejar fábricas e ajudar nas decisões sobre a capacidade necessária na planta; definir o tamanho dos estoques intermediários e analisar os efeitos no tempo de passagem com as mudanças na planta; guiar o desenvolvimento de processos; avaliar o impacto das estratégias de manufatura. Já Banks *et al.* (2005) afirma que o maior benefício da utilização da simulação é a possibilidade de obter uma visão geral (macro) do efeito de uma pequena mudança (micro) no sistema.

Porém para que o resultado da simulação seja adequado é preciso estar atento com alguns fatores que podem influenciar no resultado final. Segundo Cheng *et al.* (2006) a simulação pode ser utilizada de duas formas para avaliação e melhoria de um processo:

- a) Selecionar todas as configurações de mecanismos internos disponíveis e então executar a simulação para cada uma delas, e então analisar os resultados encontrados, a desvantagem deste método é o fato deste método consumir muito tempo;
- b) Testar algumas combinações de valores para os mecanismos internos, com base em algum critério de seleção, na tentativa de buscar uma boa solução para o aprimoramento do desempenho do processo avaliado.

Segundo Andrade (1989) um trabalho de simulação pode ser desenvolvido de acordo com as etapas apresentadas na Figura 1. Na etapa de formulação, de acordo com Moreira (2001), os objetivos da simulação devem ser claramente definidos, a fim de delimitar a amplitude e a profundidade das análises e os recursos disponíveis. Esta definição inicial do problema pode ser alterada durante a realização do processo de simulação, conforme a necessidade.

Segundo Costa *et al.* (2009), o modelo de simulação será tão confiável quanto os dados de entrada também o forem. Depois de realizada a coleta dos dados, estes devem ser tratados. O tratamento consiste em utilizar técnicas para identificar as possíveis falhas nos valores amostrados e aumentar o conhecimento a cerca do fenômeno, tendo como resultado um modelo probabilístico que representará o fenômeno aleatório em estudo e este será incorporado ao modelo de simulação (PINHO *et al.*, 2009).

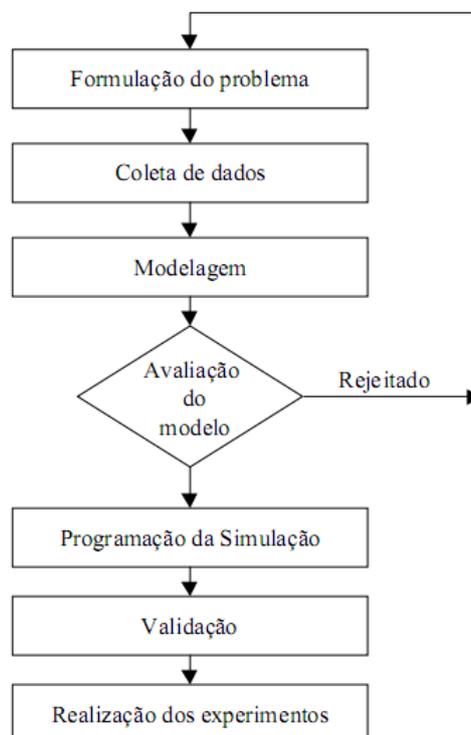


Figura 1 – Fluxograma do processo de simulação. Fonte: Andrade (1989)

Neelamkavil (1991) comenta que um modelo constitui uma representação simplificada de um sistema com o intuito de ser capaz de aumentar a compreensão do comportamento do sistema, e assim poder modificá-lo, preservá-lo ou mesmo apenas conhecê-lo e ser capaz de explicar seu comportamento. Assim, o processo de modelagem deve ter foco na maximização da capacidade do modelo em aumentar o conhecimento que se tenha do sistema a que se refere. A técnica de modelagem a ser utilizada neste trabalho será o IDEF-SIM (*Integrated Definition methods-Simulation*) proposto por Leal *et al.* (2008), que será detalhada a diante.

A etapa de avaliação do modelo busca avaliar se o modelo atende aos objetivos da simulação, representando corretamente o sistema em estudo. Os testes para avaliação do modelo devem incluir também os dados de origem, com o intuito de verificar sua consistência. Como o modelo será utilizado nas etapas seguintes do processo de simulação, esta etapa é decisiva para o processo uma vez que a incoerência do modelo poderá impedir o êxito nas fases seguintes do processo de simulação (LEAL, 2003).

De acordo com Sargent (2004) a diferença entre o modelo conceitual e o modelo computacional é que o modelo conceitual é desenvolvido através de fases de análise e modelagem, já a etapa de programação da simulação é desenvolvida através de uma programação computacional e uma fase de implementação. A validação do modelo computacional assegura que a implementação e a programação computacional do modelo estão corretas, e requer que as variáveis de saída do modelo sejam identificadas e que seja especificada sua precisão com relação ao sistema real.

Por fim, depois de construir, verificar e validar um modelo de simulação, Sanchez (2007) comenta que é finalmente o momento de ter o modelo trabalhando para o modelador. Mas, para a realização de experimentos, Pereira (2000) adverte que é necessário estabelecer critérios de como os experimentos devem ser conduzidos, a fim de que os resultados obtidos para análise não gerem deduções errôneas por parte do modelador e usuário.

Este trabalho se concentra nas três primeiras etapas descritas na Figura 1, ou seja, a formulação do problema, a coleta de dados e a modelagem através de uma técnica de mapeamento de processos para dar suporte à simulação.

4. A técnica IDEF-SIM

Na etapa da modelagem conceitual, o modelo abstrato que está na mente do analista deve ser representado de acordo com alguma técnica de representação, a fim de torná-lo mais fiel a realidade, de modo que outras pessoas possam entendê-lo (PINHO *et al.*, 2009).

Percebendo algumas lacunas nas técnicas de mapeamento existentes que servissem de suporte à simulação computacional, Leal *et al.* (2009) propõem a técnica IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods – Simulation*), que tem como foco o projeto de simulação, mas que também pode ser utilizada para projetos de melhorias em geral. A Figura 2 apresenta os elementos e a simbologia utilizada.

5. Estudo de caso

O trabalho utiliza métodos qualitativos através da pesquisa bibliográfica e estudo de caso. O levantamento de dados contou com observação, entrevista e questionário possibilitando a modelagem conceitual que servirá para futura simulação computacional. O modelo conceitual, desenvolvido em IDEF-SIM, foi analisado segundo as informações necessárias à fase de modelagem computacional.

5.1. Objeto de estudo

O município de Itajubá está situado na região sul do estado de Minas Gerais, a 418 Km da capital, localizado às margens do rio Sapucaí, na Serra da Mantiqueira. A cidade de Itajubá pode ser considerada uma típica cidade média brasileira, com aproximadamente 100.000 habitantes e densidade populacional de 402,7 habitantes por km². Possui uma população predominantemente urbana, com 93% dos habitantes vivendo em área urbana e apenas 8% habitando a zona rural, com forte atração agro-industrial e caráter tecnológico, uma universidade pública situadas na cidade.

No município, um dos responsáveis pela coleta seletiva é a ACIMAR, Associação dos Catadores Itajubenses de Material Reciclável. Assim como outras associações, surgiu quando foi aprovada a

Deliberação Normativa 52 COPAM/2001, que proíbe a permanência de catadores em lixões e, juntamente com o projeto do Governo Estadual Minas “Sem Lixões”, possibilitou aos municípios receberem incentivos fiscais para a construção de aterros e usinas de compostagem. Assim, os catadores se uniram e formaram a associação, que conta com o apoio da secretaria de meio ambiente da cidade (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Elemento	Símbolo	Descrição
Entidade	○	itens a serem processados pelo sistema
Funções	□	representam os locais onde a entidade sofrerá alguma ação
Fluxo da entidade	→	caracterizando os momentos de entrada e saída da entidade nas funções
Recursos	□ ↑	representam elementos utilizados para movimentar as entidades e executar funções
Controles	□ ↓	regras utilizadas nas funções
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos	⊞ Regra E	após esta função os caminhos podem ser executados juntos
	⊞ Regra OU	após esta função os caminhos são alternativos
	⊞ Regra E/OU	permitindo ambas as regras
Movimentação	⇒	representa um deslocamento de entidade
Informação explicativa	----->	inserir uma explicação no modelo
Fluxo de entrada no sistema modelado	↗	define a entrada ou criação das entidades dentro do modelo
Ponto final do sistema	●	defini o final de um caminho dentro do fluxo modelado
Conexão com outra figura	△	utilizado para dividir o modelo em figuras diferentes

Figura 2 - Simbologia utilizada na técnica proposta IDEF-SIM. Adaptado de: Leal *et al.* (2009)

A prefeitura fornece todas as condições necessárias para o desenvolvimento das atividades de coleta seletiva, tais como, o depósito, equipamentos (prensa, empilhadeira, carrinhos, balança, computador, telefone), transporte, funcionário técnico-administrativo, motorista, etc. No galpão é feita a armazenagem do material, a triagem, a prensagem, a pesagem e as atividades administrativas.

Trabalhos anteriores (LOBATO & LIMA, 2010) mostram que quando analisado os pesos dos materiais coletados, o papelão é o material que fornece maior contribuição para a Associação. Com relação ao volume coletado, os materiais plásticos possuem maior representatividade, pois são compostos por PET verde, PET transparente, PET óleo, Tetra park, PEAD branco, PEAD colorido e plásticos em geral, ocupando um grande espaço nas instalações da ACIMAR.

Entretanto, para que a coleta ocorra, a população deve separar o lixo seco do molhado, sendo o primeiro levado ao galpão da associação para ser realizada a triagem. Esse lixo seco consiste em: papel, plástico, metais, papelão e vidros. Além disso, também é coletado óleo de cozinha usado que não é mais utilizado na preparação de alimentos.

5.2. Caracterização dos processos

Com o intuito de analisar as atividades desenvolvidas no galpão da ACIMAR, foram realizados mapeamentos do processo de seleção de todos os Resíduos Sólidos Urbanos Recicláveis (Para maiores informações sobre as técnicas de mapeamento utilizadas consultar Lobato & Lima, 2010). A Figura 3 apresenta o mapa de atividades com sete fluxos de atividades desempenhadas e necessárias para cada tipo de material. Os materiais representados no mapa foram classificados em Materiais Plásticos (MP), Papelão (PP), Papel branco (PB), Latas (L), Vidros (V) e Metais (M) materiais eletrônicos (ME). Junto ao símbolo que indica transporte há um código especificando o destino do material e a distância percorrida em centímetros.

Nota-se que as atividades desempenhadas são contabilizadas num total de 63 operações, divididas em: 18 operações, 26 transportes, 9 esperas, 2 inspeções e 9 armazenagens. Entretanto, é importante para a gestão de processos que o maior número de atividades seja classificado como operações, pois estas são

as que mais agregam valor ao produto final. Porém, observa-se o grande número de movimentações realizadas no galpão da associação, aonde a quantidade de transporte chega a mais de 40% do total de atividades realizadas. Este elevado número de transporte deve-se a disposição das máquinas, baias e ausência de delimitações para diversos locais de armazenagem de materiais, colaborando para movimentações com elevadas distâncias percorridas, chegando até mesmo a atravessar toda a extensão do galpão, como no caso do transporte para o caminhão de expedição.

Esta verificação é bastante representativa para a avaliação de processos, uma vez que as operações de movimentação podem ser minimizadas através de um estudo detalhado do arranjo físico das instalações e, assim representar melhorias no fluxo de atividades e aumentar a produtividade da ACIMAR. A existência destas grandes movimentações também interfere negativamente no tempo total despendido para a realização das etapas envolvidas no processo.

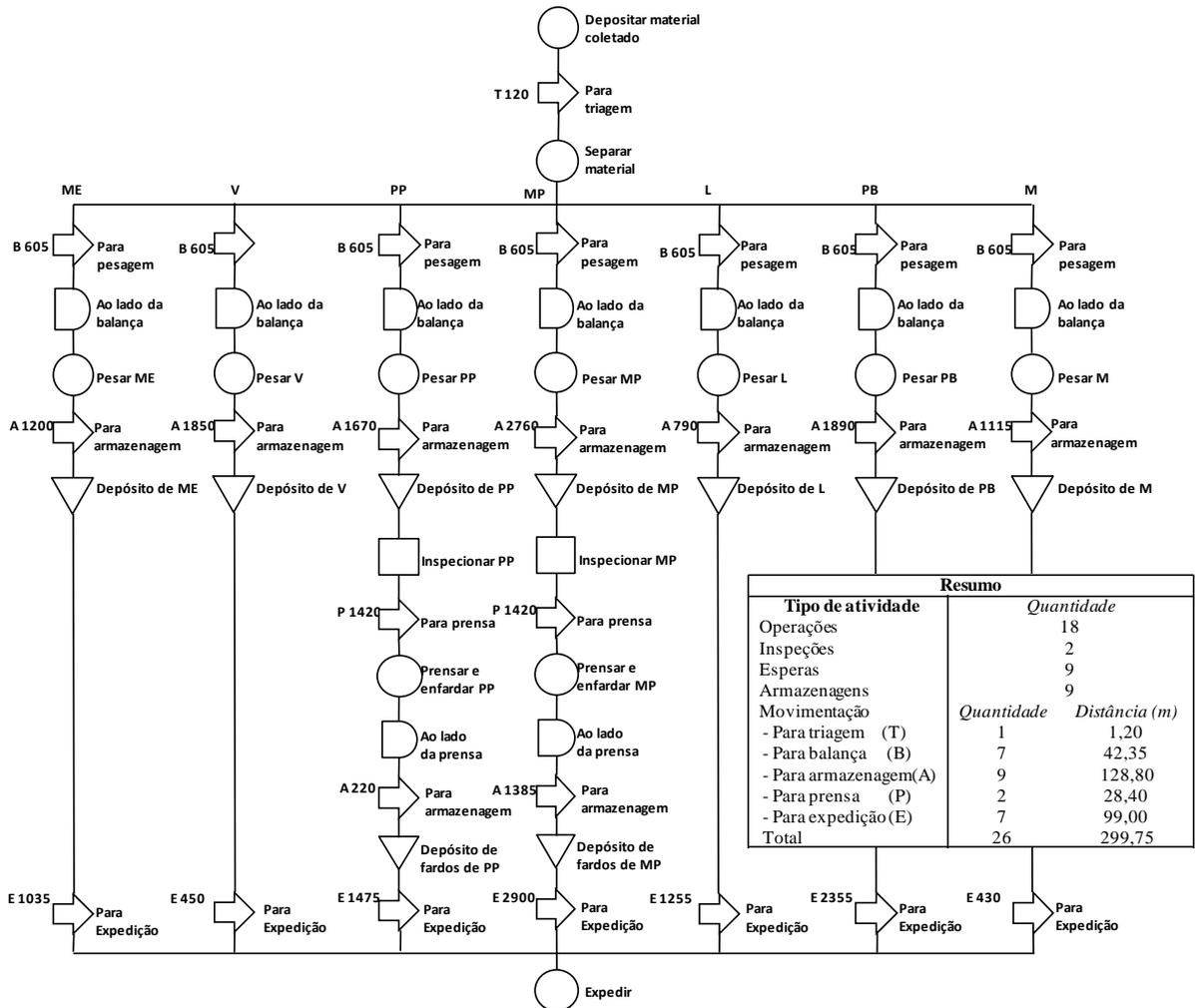


Figura 3 - Mapa do macroprocesso de seleção de RSU da ACIMAR. [Fonte: Lobato e Lima (2010)]

Neste contexto, viu-se a necessidade de um estudo mais aprofundado das distâncias e tempos despendidos nas atividades para aplicação posterior em simulação. Para tanto, desenvolveu-se um modelo conceitual do processo de seleção de materiais recicláveis.

5.3 Modelo conceitual

Para que se proponham melhorias em um processo produtivo, é necessário que o estudo desenvolvido seja aprofundado e os impactos das mudanças sejam analisados. Na busca por soluções dos problemas citados por Lobato & Lima (2010), a simulação através da modelagem computacional é uma ótima ferramenta que possibilita a análise prévia dos experimentos a serem realizados, sem gerar custos adicionais. Neste sentido, respeitando todas as etapas necessárias para a simulação computacional,

depois de feita a caracterização do processo desenvolve-se o modelo conceitual, que auxilia na percepção de alguns fatores que poderão ser gargalos do processo.

Como objetivo maior deste trabalho, a modelagem conceitual foi desenvolvida utilizando a técnica IDEF-SIM. A Figura 4 mostra o modelo conceitual desenvolvido em IDEF-SIM para o processo de seleção de RSU, mais precisamente para plásticos e papelão. A modelagem foi restrita a estes dois materiais devido as suas importâncias relativas no processo como um todo, pois são os materiais que mais contribuem para a renda dos associados. Ainda, tanto os materiais plásticos quanto os papelões participam das mesmas atividades do macroprocesso de seleção de RSU (Figura 3).

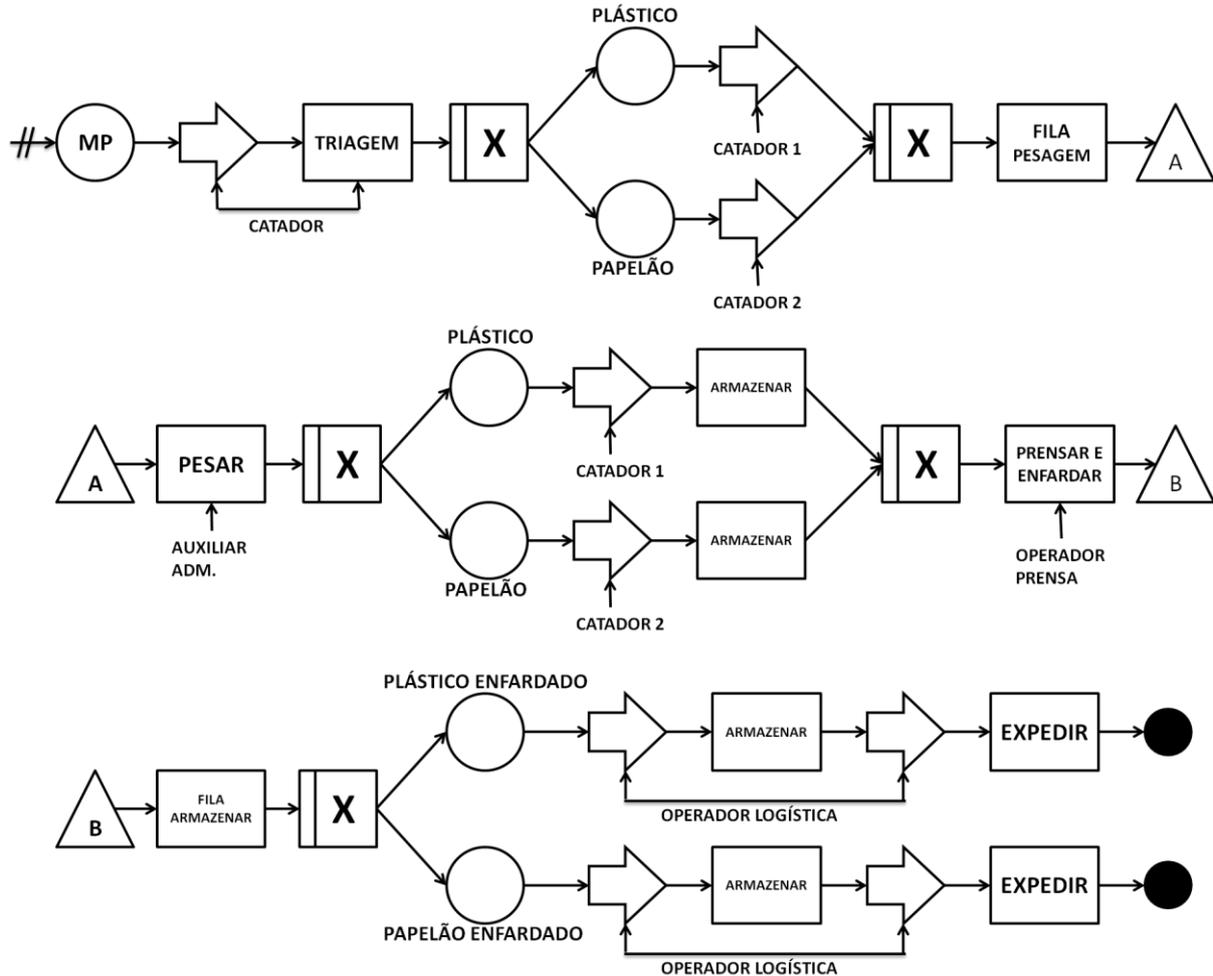


Figura 4 – Modelo conceitual em IDEF-SIM para o processo de seleção de plásticos e papelão

De acordo com o modelo da Figura 4 pode-se perceber alguns possíveis gargalos do processo, como o recurso “operador de logística”, que é utilizado para desempenhar várias movimentações no decorrer do processo, bloqueando as demais atividades. O fato de ser apenas um responsável por realizar estas movimentações agrava o problema dos muitos transportes que são realizados no decorrer do processo de seleção de RSU, principalmente o transporte realizado para a expedição, que é necessário percorrer toda a extensão do galpão indo de um extremo ao outro, representando a maior distância percorrida entre as movimentações que ocorrem no decorrer do processo.

Ainda, visualizando o processo através do seu modelo conceitual pode-se perceber que o fato de haver apenas uma balança e uma prensa limita a produtividade uma vez que as entidades anteriormente já separadas pela junção “OU” em caminhos diferentes, precisam novamente retomar um caminho único para passar por estes recursos, formando filas e conseqüentemente as esperas representadas na Figura 3, ocasionando em desperdício de tempo e conseqüentemente queda na produtividade.

6. Considerações Finais

Este trabalho teve por objetivo desenvolver o modelo conceitual, por meio da técnica do IDEF-SIM, visando dar o suporte a simulação computacional do processo de seleção de RSU em uma Associação de Catadores de Material Reciclável (ACIMAR), em Itajubá, Minas Gerais. Para o bom desempenho de uma organização é preciso que a maior parte dos seus processos seja do tipo que agrega valor ao produto final, uma vez que estas são as transformações que o consumidor está disposto a pagar. Para tanto, é preciso que seja feitos estudos nos processos e suas respectivas atividades a fim de racionalizar o trabalho e obter ganhos em produtividade. No caso deste estudo, para a associação de catadores de Itajubá, o que está em questão são as atividades envolvidas no beneficiamento dos resíduos sólidos (triagem, prensagem e enfardamento) e tem-se como produto final o material enfardado, pronto para ser vendido para as empresas que fazem a reciclagem.

O modelo conceitual desenvolvido por meio da técnica de mapeamento IDEF-SIM possibilitou a percepção dos gargalos de produção que poderão ser trabalhados na simulação do processo como um todo. Além da movimentação excessiva desempenhada por apenas um operador agravando o transporte realizado no decorrer do processo de seleção de RSU, os recursos, tanto de pessoas quanto de equipamentos, são fatores que limitam a produtividade da ACIMAR. Portanto, o trabalho possibilitou o entendimento mais aprofundado do processo de seleção de RSU no galpão da Associação e a visualização da necessidade por melhorias operacionais no processo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo apoio financeiro concedido a diversos projetos que subsidiaram o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- Andrade, E.L.** *Introdução à Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, p.156-171, 1989.
- Banks, J.; Carson II, J.S.; Nelson, B.L.; Nicol, D.M.** *Discrete event system simulation*. 4rd Ed. Prentice Hall, 2005.
- Cheng, T.; Feng, C.; Hsu, M.** *An integrated modeling mechanism for optimizing the simulation model of the construction operation*. Automation in Construction, v.15, p.327-340, 2006.
- Costa, R.F.S.; Montevechi, J.A.B.; Pinho, A.F.; Leal, F.; Jesus, J.T.** *Avaliação econômica do aumento da capacidade produtiva de uma célula de manufatura por simulação a eventos discretos*. XLI SBPO 2009 – Pesquisa operacional na Gestão do conhecimento. Porto Seguro – BA. p. 732 – 743. 2009.
- Cunha, V.; Caixeta Filho, J.V.** *Gerenciamento da Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos: Estruturação e Aplicação de modelo não-linear de programação por metas*. Revista Gestão & Produção, 9(2), p. 143-161, 2002.
- Leal, F.** *Um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional*. (Dissertação) Mestrado. 223p. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, 2003.
- Leal, F.; Almeida, D.A. ; Montevechi, J.A.B.** *Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de Elementos do IDEF*. Anais do XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa, PB, 2008.
- Leal, F.; Oliveira, M.L.M.; Almeida, D.A; Montevechi, J.A.B.** *Desenvolvimento e aplicação de uma técnica de modelagem conceitual de processos em projetos de simulação: o IDEF-SIM*. XXIX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador – BA, 2009.
- Lobato, K.C.D. & Lima, J.P.** *Caracterização e avaliação de processos de seleção de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica de mapeamento*. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 15, n. 4, p. 347-356, 2010.
- Maccarini, A.C. & Hernández, R.H.** *Melhoria no processo de triagem de materiais recicláveis a partir da implementação de tecnologias simples*, In: XI SAEPE - Seminário Anual de Ensino, Pesquisa e Extensão. XI Jornada de Iniciação Científica (JIC), UTFPR Pato Branco, 2007.
- Moreira, C.M.** *Estratégias de Reposição de Estoques em Supermercados: Avaliação por meio de*

- simulação*. Dissertação (Mestrado em Eng. Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2001.
- Neelamkavil, F.** *Computer simulation and modelling*. Chichester: John Wiley & Sons, 1991.
- O'kane, J.F.; Spenceley, J.R.; Taylor, R.** *Simulation as an essential tool for advanced manufacturing technology problems*. Journal of Materials Processing Technology, v. 107, pp. 412-424, 2000.
- Oliveira, R.L.; Lima, J.P.; Lima, R.S.** *Logística Reversa: O caso de uma associação de coleta seletiva de materiais recicláveis em Itajubá – MG*. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção – XXIX ENEGEP, Salvador – BA, 2009.
- Parreira, G.F.; Oliveira, F.G.; Lima, F.P.A.** *O gargalo da reciclagem: determinantes sistêmicos da triagem de materiais recicláveis*. In: XXIX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador – BA, 2009.
- Pereira, I.C.** *Proposta de Sistematização da Simulação para Fabricação em Lotes*. Dissertação (Mestrado em Eng. de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2000.
- Pinho, A.F.; Leal, F.; Montevechi, J.A.B.; Costa, R.F.S.** *Utilização de Lego® para o ensino dos conceitos sobre simulação computacional a eventos discretos*. XXIX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador – BA, 2009.
- Polaz, C.N.M. & Teixeira, B.A.N.** *Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP)*. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 14, n. 3, p. 411-420, 2009.
- Sanchez, S.M.** *Work smarter, not harder: guidelines for design simulation experiments*, Proceedings of the Winter Simulation Conference, Washington, 2007.
- Sato, M. & Santos, J.E.** *Agenda 21 em sinopse*. São Carlos: Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, 1996.
- Sargent, R.G.** *Validation and verification of simulation models*. In: Proceedings of the 2004 Winter Simulations Conference, Washington, DC, USA, 2004.
- Spina, C.** *Aplicação de ferramentas Lean seis sigma e simulação computacional ao aperfeiçoamento de serviços: Roteiro de referência e Estudo de caso*. Dissertação de Mestrado em Administração, Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas, São Paulo, SP, 2007.
- Silva, A.K.** *Método para avaliação e seleção de softwares de simulação de eventos discretos aplicados à análise de sistemas logísticos*. São Paulo: 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3148/tde-09052007-160956/>. Acesso em: 28 nov. 2008.
- Tchobanoglous, G.** *Solid wastes: engineering principles and management*. Issues. Tokyo: McGraw-Hill, 1977.