

XI-026 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA DE RECICLAGEM E TRANSFORMAÇÃO DE MATERIAL PLÁSTICO

Elaine Aparecida da Silva⁽¹⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente na UFPI. Docente da UFPI.

Iara Monteiro Araújo

Graduanda em Engenharia Civil na UFPI.

José Machado Moita Neto

Docente da UFPI.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Universitária, Bairro Ininga – Teresina – PI – CEP: 64049-550 – Brasil – Tel: (86) 3237-1306 – e-mail: elaine@ufpi.edu.br

RESUMO

A indústria é o setor da economia brasileira que mais utiliza energia, evidenciando-se a necessidade da busca de alternativas que promovam a sustentabilidade. Uma das maneiras de alcançar essa finalidade é através da promoção da eficiência energética. Comparando a atividade de transformação de resinas termoplásticas com a de reciclagem mecânica do plástico pós-consumo para a fabricação de um mesmo produto, é possível identificar diferenciais sociais, ambientais e energéticos. A reciclagem é, em geral, considerada sustentável por evitar a extração de nova matéria-prima e o envio de resíduos para aterros, além de valorizar os catadores. Contudo, a reciclagem mecânica exige etapas adicionais como a moagem, lavagem, secagem e extrusão do material pós-consumo. Essas etapas demandam a utilização de matéria e energia, tornando necessária uma análise mais criteriosa a fim de discernir se a atividade é sustentável. Neste trabalho, avaliou-se o consumo de energia de uma indústria localizada no Pólo Industrial de Teresina que produz embalagens a partir de polietileno virgem e recicla polietileno pós-consumo para a produção de embalagens recicladas. As etapas adicionais de lavagem, secagem, aglutinação e extrusão de grãos respondem por mais de 60% do consumo de energia elétrica do processo de reciclagem. Apesar disso, a atividade de reciclagem mecânica pode ser compensada pela agregação de valor social, redução de matéria-prima extraída da natureza e pela busca constante pela eficiência energética.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão Ambiental, Eficiência Energética, Reciclagem de Plásticos.

INTRODUÇÃO

A indústria é o setor que mais utiliza energia no Brasil. O consumo de eletricidade desse setor correspondeu a 42,1% do total consumido no país, seguido pelo setor residencial (23,6%) e comercial (16%) (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2013). As transformadoras e recicladoras de materiais plásticos são grandes consumidoras de energia. Este uso corresponde à utilização de motores (movimento) e resistência elétrica (aquecimento). Tais indústrias necessitam de equipamentos elétricos de elevada potência para todas as etapas de fabricação, desde obtenção do grão reciclado até o seu processamento e também para a conformação do produto acabado.

Nesse sentido, torna-se importante a adoção de medidas que viabilizem a eficiência energética, que “consiste na relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização”. A eficiência energética compreende a otimização das transformações, do transporte e do uso dos recursos energéticos, desde suas fontes primárias até seu aproveitamento final e tem como pressupostos básicos, a manutenção das condições de conforto, de segurança e de produtividade (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014).

A *International Energy Agency* – IEA (2014) define eficiência energética como uma forma de gestão que restringe o crescente consumo de energia e esclarece que “algo é mais eficiente energeticamente se oferece mais serviços para a mesma entrada de energia ou os mesmos serviços com menos entrada de energia”. A



Confederação Nacional da Indústria – CNI (2010) considera que os serviços indispensáveis à indústria, como iluminação, força motriz e climatização de ambientes podem ser oferecidos com menos consumo de energia, possibilitando ganhos econômicos e ambientais.

Normas de gestão otimizada de energia na indústria, compatíveis com a ISO 9000 e a ISO 14000, têm sido aplicadas com sucesso, tanto em países desenvolvidos, como os EUA, Suécia e Dinamarca, como em países em desenvolvimento, como a China (BAJAY, BEISSMANN e GORLA, 2010). No Brasil, em 2011, foi publicada a norma ABNT NBR ISO 50001 que “especifica requisitos para o estabelecimento, implementação, manutenção e melhoria de um sistema de gestão da energia, cujo propósito é habilitar uma organização a seguir uma abordagem sistemática para atendimento da melhoria contínua de seu desempenho energético, incluindo eficiência energética, uso e consumo de energia” (ABNT, 2014).

Em termos de eficiência energética é necessário considerar economia, qualidade e atenuação de impactos ambientais negativos. Levando-se em consideração tais pressupostos, neste trabalho, avaliou-se o consumo de energia de uma indústria localizada no Pólo Industrial de Teresina que produz embalagens a partir de polietileno virgem e recicla polietileno pós-consumo para a produção de embalagens recicladas, com o objetivo de identificar em quais etapas do processo podem haver melhorias no sentido de otimizar o uso de energia.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

A Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia – ABESCO (2014) indica oportunidades de financiamento para projetos de eficiência energética que auxiliam e dispensam o empreendedor de aplicar seus próprios recursos, como os do Banco de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES. A Confederação Nacional da Indústria (CNI), que representa as grandes indústrias brasileiras, tem uma linha de relatórios de eficiência energética que abrange diversos setores industriais (alimentos e bebidas, cal e gesso, cerâmica, cimenteiro, extrativo mineral, ferroligas, fundição, metais não ferrosos, indústrias não ergo-intensivas, papel e celulose, químico, têxtil e vidro).

Conforme diagnóstico elaborado pela CNI e pela Eletrobrás, as principais barreiras à eficiência energética na visão de profissionais de vários setores industriais brasileiros que trabalham com consumo de energia são: legislação desfavorável a investimentos industriais em energia; ausência ou não adequação das linhas de financiamento para ações de eficiência energética; racionalização do uso de energia compete com outras prioridades de investimento; necessidade de capacitação de pessoal para identificar oportunidades de eficiência energética e para fazer a gestão dos projetos que se mostrarem viáveis e aversão a riscos técnicos decorrentes de novas tecnologias que consumam menos energia (CNI, 2010).

Na cidade de Medellín, na Colômbia, Vanegas e Botero (2012) avaliaram as barreiras para a adoção da eficiência energética em microempresas e identificaram as seguintes causas: ausência de incentivos, custo de investimento inicial alto, falta de conhecimento e de informação do empresário, falta de disponibilidade de equipamentos eficientes e riscos técnicos. Para vencer essas barreiras, os autores indicam a necessidade da participação dos governos locais e nacionais na elaboração de programas que considerem o caso particular da microempresa e, também, a necessidade constante de monitorar, avaliar e atualizar as mudanças nos padrões de consumo dos consumidores, a fim de conseguir um *feedback* contínuo para produzir mudanças sustentáveis no tempo.

A situação brasileira para microempresas não é diferente. Contudo, a falta de conhecimento e de informação do empresário pode ser suprida por canais de comunicação *on line* ou impressos. No entanto, no Brasil, é comum os gestores das pequenas e médias empresas estarem envolvidos mais diretamente com a produção e a busca de novos clientes, deixando de acompanhar as novidades do seu negócio.

Trianni et al. (2013) no estudo “*Empirical investigation of energy efficiency barriers in Italian manufacturing SMEs*” identificaram barreiras semelhantes aos apontados por Vanegas e Botero. Contudo, foram além ao indicar que as barreiras mais relevantes nas pequenas e médias empresas italianas são a falta de interesse em eficiência energética e a existência de outras prioridades. Os autores concluem, assim, que os gestores tendem a considerar a eficiência energética uma questão marginal. Em pesquisa anterior, Trianni e Cagno (2012)

identificaram outra barreira, que também é aplicável à realidade brasileira: falta de pessoas qualificadas na indústria para tratar essa questão específica.

Na análise de Aragón, Pamplona e Medina (2013), “as empresas fixam seus objetivos de redução do consumo de energia por apreciações e não com uma justificativa técnica baseada no resultado de uma análise que possibilite avaliar seu desempenho energético por meio de indicadores que permitam relacionar as variáveis consumo e produção”. Diante disso, os autores indicam medidas para que uma minifábrica que produz componentes de motores melhore sua eficiência e diminua o consumo energético com a mesma tecnologia instalada, ou seja, sem investir em novas máquinas, através de:

- Campanhas de conscientização sobre o uso racional de energia entre os funcionários da minifábrica;
- Operação e manipulação eficiente das máquinas;
- Manutenção focada para melhorar a eficiência das máquinas e, por último,
- Automatização do desligamento das máquinas quando não estiverem em funcionamento, como na hora de recesso de cada turno.

Uma estratégia essencial, pouco utilizada no Brasil, para alcançar ganhos de eficiência energética no longo prazo e conseguir saltos de competitividade sustentáveis na indústria química é através de projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) com equipamentos e processos industriais eficientes (BAJAY, BEISSMANN e GORLA, 2010).

RECICLAGEM DE PLÁSTICOS

Os plásticos podem ser reciclados de três maneiras: mecânica, energética e quimicamente. A reciclagem mecânica é classificada como primária (quando é reciclada a borra - resíduos plásticos descartados por ocasião da retomada do processo de produção, troca de matéria-prima ou limpeza de máquinas - e os refugos do processo) ou secundária (quando é aplicada nos resíduos plásticos pós-consumo). A reciclagem energética ou terciária é a “recuperação contida nos plásticos, através de processos térmicos” e a química ou quaternária é o “reprocessamento dos plásticos, transformando-os em petroquímicos básicos: monômeros ou misturas de hidrocarbonetos, que servem como matéria-prima para refinarias ou centrais petroquímicas, para obtenção de produtos nobres, de alta qualidade” (CETESB e SINDIPLAST, 2011, p. 60 e 61).

A reciclagem de plásticos é uma prática consolidada em todo o mundo e cada uma de suas formas possui vantagens e desvantagens. Contudo, a reciclagem mecânica é a mais utilizada pela facilidade de implantação e custo de operação. A Plastivida - Instituto Socioambiental dos Plásticos - afirma que o Brasil já está chegando perto do índice de reciclagem mecânica da Europa de, aproximadamente, 22%. Este tipo de reciclagem é considerada por Santos, Freire e Costa (2012) uma boa forma de destinação para os resíduos plásticos e, por gerar empregos em toda a cadeia (coleta, separação e distribuição), se adapta bem à situação social brasileira. No entanto, segundo os autores, por serem muito utilizadas para o acondicionamento do lixo, as sacolas plásticas deixam de estar disponíveis nesta cadeia de reciclagem.

No Instituto Nacional de Propriedade Intelectual existem várias patentes para sistemas de reciclagem mecânica de plásticos. Gerbase e Oliveira (2012) citam a patente intitulada "Processo de recuperação de termoplástico reciclado" que propõe tecnologia simplificada, modula e minimiza máquinas e equipamentos para o processamento de lixo termoplástico e sugere a construção de miniusinas de recuperação do material, melhorando a qualidade final do plástico reciclado para o reprocessamento.

A patente “Sistema de recuperação (reciclagem) de materiais plásticos por processo de extrusão” prevê a utilização de um conjunto de três extrusoras em substituição ao aglutinador – equipamento que transforma o material plástico em uma espécie de pasta e submete o mesmo a choques térmicos para aumentar a sua densidade e promover a sua degasagem. Conforme o inventor, essa substituição proporciona um consumo de energia elétrica, aproximadamente, 65% menor do que um sistema convencional com aglutinador (Patente PI0805296-4 A2, publicada em 2010).

O polietileno virgem tem uma variedade enorme de aplicações industriais e pode ser de diferentes tipos, conforme as condições reacionais e o sistema catalítico empregado na polimerização: polietileno de baixa

densidade (PEBD), polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno linear de baixa densidade (PELBD), polietileno de ultra alto peso molecular (PEUAPM) e polietileno de ultra baixa densidade (PEUBD).

Conseqüentemente, o mercado do polietileno reciclado é bastante diversificado. Dados da Plastivida (2012) indicam o segmento de utilidades domésticas como o maior consumidor de plástico reciclado (16,5%), seguido por agropecuária (15,3%), indústria (15%), têxtil (10,3%), construção civil (10,2%), entre outros. Conforme Pachione (2012), cada tipo de resina reciclada é direcionada a uma aplicação: o PEBD e o PELBD vão para a agropecuária e a construção civil, o PEAD é utilizado em embalagens industriais e descartáveis (sacolas) e a indústria automobilística e de eletrônicos são as principais consumidoras de plásticos de engenharia reciclados.

A vantagem ou desvantagem da utilização de reciclados plásticos está relacionada também as suas possibilidades de aplicações. Rajendran et al. (2012) afirmam que o uso de plásticos reciclados para aplicação civil e infra-estrutural pode ter vantagens ambientais em relação a certos plásticos virgens convencionais pela significativa redução do consumo de recursos naturais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a avaliação do consumo energético foram realizadas visitas à indústria de plásticos e coletadas informações junto ao técnico responsável pela mesma. Além disso, foram aferidas as potências das máquinas por meio de busca a fabricantes e revendedores de máquinas similares, levando-se em consideração o número de série e ano de fabricação correspondente aos encontrados na indústria visitada. O tempo de operação das máquinas e as suas condições de uso foram observados durante as visitas à indústria.

Também, foram coletados dados relativos ao consumo de energia de equipamentos que não são associados ao processo produtivo da indústria, mas que são imprescindíveis para o seu funcionamento (lâmpadas e ar-condicionados) e acompanhamento do controle de aquisição de matéria-prima, produção e venda (computadores e impressoras).

RESULTADOS

Na produção da embalagem reciclada para acondicionamento de lixo acontecem três etapas. Na primeira etapa, o material pós-consumo é lavado, triturado no moinho da máquina lavadora e secado. Depois disso, o plástico limpo e seco é processado em um extrusora onde obtém-se o grão ou pellet reciclado. A terceira etapa corresponde à transformação do grão reciclado em filme, seguido por seu corte e solda no formato do produto final.

Somente na primeira etapa são utilizadas onze máquinas com potências que variam entre 1.471W e 55.162,5W e que funcionam 10 horas por dia, com exceção do compressor de ar, que opera duas horas diariamente. Nessa etapa, o consumo energético mensal é de 52.404,38 kWh.

Na segunda etapa são utilizadas duas máquinas (aglutinadora e extrusora de grãos) com potência de 36.775W e 68.401,5W, respectivamente, no período de 20 horas por dia. Apesar do pequeno número de equipamentos envolvidos nessa etapa, ocorre grande consumo de energia. Isso porque o aglutinador e a extrusora de grãos operam mediante aquecimento proporcionado pela resistência elétrica. Além disso, o aglutinador se torna um grande consumidor porque é submetido à variação de temperatura com a adição de água em seu interior para uma perfeita aglutinação do material pós-consumo que será destinado a extrusão. Nesta etapa, o consumo energético mensal é de 63.105,9 kWh.

Na terceira etapa são utilizadas quatro máquinas (duas extrusoras de filme e duas corte e solda) com potências de 44.130W e 8.000W, respectivamente. O consumo de energia mensal dessa etapa corresponde a 64.476 kWh, dos quais mais de 80% correspondem à operação da extrusora de filme.

Além do consumo energético associado ao processo produtivo da indústria de reciclagem de plásticos, foi calculado o consumo de energia dos equipamentos que não estão diretamente associados ao processo de

produção das embalagens plásticas, mas que são necessários para o funcionamento da indústria, como lâmpadas, aparelhos ar-condicionados, impressora e computadores, totalizando 11.085 kWh.

Na Tabela 1 pode-se verificar detalhadamente a descrição das máquinas da indústria de plásticos e os seus correspondentes consumos, através da potência e do tempo de uso e na Tabela 2 os dados de consumo energético de lâmpadas, ar-condicionados, impressora e computadores. O somatório dos consumos de ambas as tabelas perfazem o total do consumo industrial.

Tabela 1: Consumo energético dos equipamentos da indústria de reciclagem de plásticos.

| Equipamentos | Quantidade | Potência (W) | Tempo de uso (h) | Consumo (kWh/mês) | Etapa/Consumo (%) |
|------------------------------------|------------|--------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Esteira de alimentação do moinho | 1 | 1471 | 10 | 441,3 | Etapa 1 27,42% |
| Moinho | 1 | 55162,5 | 10 | 16548,75 | |
| Rosca de alimentação do lavatório | 1 | 2206,5 | 10 | 661,95 | |
| Lavatório | 1 | 14710 | 10 | 4413 | |
| Bomba de retorno da água | 1 | 2206,5 | 10 | 661,95 | |
| Pente do lavatório | 1 | 735,5 | 10 | 220,65 | |
| Rosca de alimentação dos secadores | 1 | 1471 | 10 | 441,3 | |
| Secador 1 | 3 | 22065 | 10 | 19858,5 | |
| Secador 2 | 1 | 29420 | 10 | 8826 | |
| Compressor de ar | 1 | 5516,25 | 2 | 330,97 | |
| Aglutinador | 1 | 36775 | 20 | 22065 | Etapa 2 33,02% |
| Extrusora de grão | 1 | 68401,5 | 20 | 41040,9 | Etapa 3 33,74% |
| Extrusora de filme | 2 | 44130 | 20 | 52956 | |
| Corte e Solda | 2 | 8000 | 24 | 11520 | |

Tabela 2: Consumos não associados ao processo produtivo.

| Equipamentos | Quantidade | Potência (W) | Tempo de uso (h) | Consumo (kWh/mês) | Consumo (%) |
|-----------------------|------------|--------------|------------------|-------------------|-------------|
| Impressora | 1 | 9834,4 | 24 | 7080,76 | 5,8% |
| Ar condicionado | 6 | 1400 | 10 | 2520 | |
| Lâmpada (galpões) | 19 | 105 | 12 | 718,2 | |
| Lâmpada (escritórios) | 11 | 105 | 10 | 346,5 | |
| Computador | 7 | 200 | 10 | 420 | |

Na Figura 1 é possível verificar a contribuição de cada etapa do processo de reciclagem e produção da embalagem reciclada para o consumo de energia da indústria. Vale ressaltar que tais porcentagens são em relação ao consumo mensal. Os consumos que não estão diretamente relacionados ao processo produtivo foram redistribuídos proporcionalmente às demais etapas.

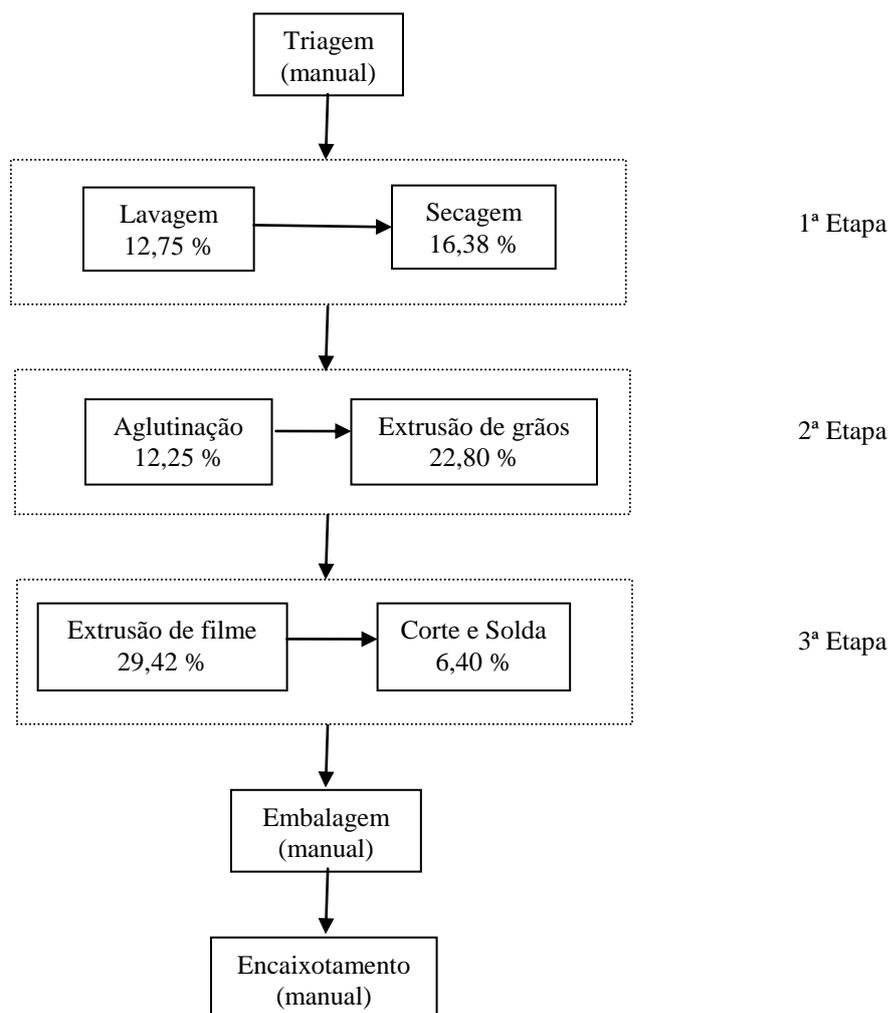


Figura 1: Consumo percentual de energia no processo de obtenção da embalagem reciclada.

DISCUSSÃO

A temperatura de operação das extrusoras (filme) de reciclagem de polietileno está na faixa de 170 a 185 °C, enquanto no mesmo processo com a utilização da resina virgem são utilizadas temperaturas entre 195 e 210 °C.

Um aspecto a ser considerado quanto à eficiência energética da indústria de reciclagem e transformação de material plástico é a grande perda de calor pelos equipamentos. O calor dissipado na proximidade das extrusoras causa um desconforto térmico, tornando o ambiente insalubre para os funcionários que operam as máquinas. Segundo o Manual de segurança e saúde no trabalho da indústria de transformação do material plástico (2012), as fontes de calor na indústria de transformação do plástico não são intensas, mas, extrusoras em ambientes pouco ventilados, a condições insalubres, podem expor os trabalhadores.

Há soluções técnicas para minimizar tais efeitos, como as mantas térmicas, resultando em economia de energia e num ambiente de trabalho mais saudável e agradável. Conforme Cetesb e Sindiplast (2011), as mantas podem ser confeccionadas em fibra de vidro ou cerâmica envolvida em tecido resistente, suportando trabalho constante a 500 °C; sua temperatura externa chega no máximo a 70 °C, assim protegendo também o trabalhador de queimaduras e exposição ao calor excessivo. No entanto, é necessário considerar que não é possível e nem desejável o isolamento durante todo o tempo de operação dos equipamentos, uma vez que os mesmos precisam dissipar certa quantidade de calor para evitar danos aos produtos e ao próprio maquinário.

É comum acontecer picos de consumo de energia nos horários comerciais e à noite, quando há aumento no consumo residencial. Os picos reduzem a eficiência e a vida útil dos equipamentos elétricos. Dessa forma, entre as estratégias utilizadas pelas concessionárias de energia para amenizar os efeitos negativos dos picos de consumo de energia, estão a racionalização ou bloqueio de uso e o aumento da tarifa para a indústria nos horários de ponta.

O custo da energia elétrica fornecida pela Eletrobrás às indústrias é maior no período que concorre com maior uso do consumidor residencial (17 h – 22 h). Portanto, é necessário estudar se o desligamento das máquinas durante o horário de ponta é uma medida que propicia a eficiência energética na indústria ou tem efeito contrário. E ainda, se a aquisição de geradores que funcionariam nesse horário é uma alternativa vantajosa. É importante destacar que após desligamento das máquinas é necessário esperar pelo menos uma hora para que a mesma seja utilizada novamente.

Com o tempo, naturalmente, as máquinas sofrem desgaste e diminuem a sua eficiência. Como a depreciação é inevitável, indica-se a substituição de máquinas antigas por outras mais modernas, que tenham motores de alto rendimento e trabalhem mais próximos da necessidade da indústria. Um plano de substituição de máquinas permite adquirir modelos tecnologicamente semelhantes ou até melhores e que já tragam conceitos de eficiência energética.

Por existir uma variedade de tipos de materiais plásticos, a coleta seletiva é uma atividade-chave para a reciclagem mecânica, pois propicia que a indústria receba matéria-prima de melhor qualidade e, conseqüentemente, obtenha um produto final também de qualidade. Isso só é possível quando a indústria é parceira de cooperativas que prezem pela qualificação dos seus catadores. Portanto, a atividade é compensada pela agregação de valor social, redução de matéria-prima extraída da natureza e pela busca constante pela eficiência energética.

CONCLUSÕES

Foi possível observar que a indústria de reciclagem e transformação de plásticos apresenta um grande número de maquinário, e que muitos deles operam com a transferência de calor para o processamento do material, o que ocasiona maior consumo de energia para que se possa manter constante essa temperatura e obter uma produção satisfatória.

O desligamento das máquinas que operam em alta tensão se torna desfavorável, na medida que interrompe uma continuidade do processo produtivo além de ser necessário a espera de uma hora para que a máquina reaqueça. O custo da energia elétrica no horário de ponta e o tempo de inércia térmica operacional são fatores que devem ser considerados para funcionamento após as 17 horas.

A utilização de motores mais eficientes, ou seja, devidamente dimensionados para alimentar o sistema de potência a que será exigido, é apontada como uma das medidas mais eficazes para otimização da eficiência energética nas indústrias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABESCO - Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. Definição de ESCO. Disponível em: <http://www.abesco.com.br/abesc.asp?area=15>. Acesso em 7 mar. 2014.
2. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Catálogo - ABNT NBR ISO 50001:2011. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=87286>. Acesso em: 7 mar. 2014.
3. ARAGÓN, C.S., PAMPLONA, E., MEDINA, J.R.V. Identificação de investimentos em eficiência energética e sua avaliação de risco. *Gestão & Produção*, v.20, n.3, p. 525-536, 2013.
4. BAJAY, S. V., BEISSMANN, A., GORLA, F. D. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria: relatório setorial: setor químico. Brasília: CNI, 2010. 182 p.
5. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Eficiência energética e conservação de energia. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/energia/eficiencia-energetica>. Acesso em 7 mar. 2014.
6. BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Balanço energético nacional – ano base 2012. Brasília, DF, 2013. 284p.



7. CETESB e SINDIPLAST - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo e Sindicato da Indústria de Material Plástico do Estado de São Paulo. Guia ambiental da indústria de transformação e reciclagem de materiais plásticos. São Paulo: CETESB: SINDIPLAST, 2011. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia-ambiental/Produ?o-e-Consumo-Sustent?vel/11-Documentos>. Acesso em: 7 mar. 2014.
8. CNI – Confederação Nacional da Indústria. Novas Tecnologias para Processos Industriais: eficiência energética na indústria. Brasília, 2010. 40 p.
9. GERBASE, A. E., OLIVEIRA, C. R. Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química. Química Nova, vol. 35, nº 7, p. 1486 - 1492, 2012.
10. IEA - International Energy Agency. Topic: energy efficiency. Disponível em: <http://www.iea.org/topics/energyefficiency/>. Acesso em 7 mar. 2014.
11. Manual de segurança e saúde no trabalho: indústria da transformação do material plástico. São Paulo: SESI-SP Editora, 2012.
12. PACHIONE, R. Reciclagem. Revista Plástico Moderno, nº 458, p. 6-13, 2012.
13. PLASTIVIDA – Instituto Socioambiental dos Plásticos. Monitoramento dos índices de reciclagem mecânica de plásticos no Brasil (IRmP) 2011. Disponível em: http://www.plastivida.org.br/2009/pdfs/IRmP/Apresentacao_IRMP2011.pdf. Acesso em 7 mar. 2014.
14. RAJENDRAN, S., SCELSE, L., HODZIC, A., SOUTIS, C., AL-MAADEED, M. A. Environmental impact assessment of composites containing recycled plastics. Resources, Conservation and Recycling, v. 60, p. 131– 139, 2012.
15. SANTOS, J. C. C. Sistema de recuperação (reciclagem) de materiais plásticos por processo de extrusão. BR n. PI0805296-4 A2, 17 ago. 2010.
16. SANTOS, A. S. F., FREIRE, F. H. O., COSTA, B. L. N. Sacolas plásticas: destinações sustentáveis e alternativas de substituição. Polímeros, v. 22, nº 3, p. 228 – 237, 2012.
17. TRIANNI, A., CAGNO, E. Dealing with barriers to energy efficiency and SMEs: some empirical evidences. Energy, v. 37, p. 494 – 504, 2012.
18. TRIANNI, A., CAGNO, E., WORRELL, E., PUGLIESE, G. Empirical investigation of energy efficiency barriers in Italian manufacturing SMEs. Energy, v. 49, p. 444 – 458, 2013.
19. VANEGAS, J., BOTERO, S. Energy efficiency in microenterprises in Medellín: a study of barriers valuation. Lect. Econ. [online]. nº 77, pp. 129-161, 2012.