Fluxo para análise de eficiência energética em uma planta de *flake*.

Silvio Cesar Ferreira da Rosa (Universidade de Santa Cruz do Sul) scferreira@unisc.br
Felipe Riccardi Fernandes da Silva (Universidade de Santa Cruz do Sul) felipericcardi@mx2.unisc.br
Flávio Thier (Universidade de Santa Cruz do Sul) thier@unisc.br
André Emmel da Silva (Universidade de Santa Cruz do Sul) andresilva@unisc.br

Resumo:
Em função de todo o contexto que a eficiência energética já apresenta no âmbito global, e com ênfase na ISO 50001:2018, esta pesquisa procurou analisar o processo de reciclagem de PET, em uma planta de entrega de *flake*, e verificar a eficiência energética de seus motores. Dentre os principais resultados apontados, além da clara identificação do processo, tem-se a identificação dos motores elétricos, suas capacidades de entrega de energia e suas possibilidades de melhoria. A metodologia aplicada possibilitou um fácil entendimento do processo a ser seguido, mesmo para quem não está diretamente ligado a esta área. Como resultado final foi apresentado um fluxo do roteiro e a proposição de um indicador básico para o monitoramento do consumo energético. Estes resultados podem ser considerados como parte fundamental, dentro do processo de melhoria contínua pedido pela ISO 50001.
Palavras chave: Eficiência Energética, PET, Gestão, Melhoria Contínua, Sustentabilidade.

Flow for analysis of energy efficiency in a flake plant.

Abstract
Due to all the context that energy efficiency already presents in the global scope, and with emphasis on ISO 50001: 2018, this research sought to analyze the PET recycling process in a flake delivery plant and verify the energy efficiency of their engines. Among the main results pointed out, besides the clear identification of the process, one has the identification of the electric motors, their capacities of delivery of energy and their possibilities of improvement. The applied methodology allowed an easy understanding of the process to be followed, even for those who are not directly connected to this area. As a final result a flow of the roadmap was presented and the proposal of a basic indicator for the monitoring of energy consumption. These items may be considered as a fundamental part of the continuous improvement process requested by ISO 50001.
Key-words: Energy Efficiency, PET, Management, Continuous Improvement, Sustainability.

1. Eficiência energética

A energia é um dos principais influenciadores do desenvolvimento da sociedade. Ela influencia o desenvolvimento dos processos tecnológicos e econômicos. Logo, deve-se compreendê-la adequadamente em seus limites, capacidades e efeitos (HINRICHS *et al.* 2004).

O uso correto da energia, primado pela sua eficiência, deve fazer parte de um escopo para o crescimento global da sociedade. Estes benefícios vão desde um melhor aproveitamento energético, até mesmo a diminuição da necessidade de nova geração de energia.

Este assunto também vai de encontro para a sustentabilidade, pois se baseia na descoberta de

soluções que, por si, satisfazem as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das futuras gerações (GOLDENBERG; LUCON, 2011).

O conceito de eficiência energética vem sendo abordado desde a década de 1970 onde o mundo passou por uma forte crise petrolífera. Nesta ocasião constatou-se que as tarefas habituais poderiam ser efetivadas com menos energia e até outras fontes de energia (GOLDENBERG; LUCON, 2012, EPE, 2017). Algum tempo depois os equipamentos e atividades de consumo de energia passaram a ser avaliados também em função da sua eficiência energética (EPE, 2010).

Nos sistemas, processos ou produtos desenvolvidos a partir da década de 2010, estes conceitos já estão pré-enraizados de maneira positiva dentro do desenvolvimento. Porém muitos produtos e processos que operam hoje, ainda fazem parte de um desenvolvimento menos eficiente e que não contempla este escopo. Para estes sistemas de processo e produto, deve-se ter um caminho fácil no rumo da melhora energética.

Prova também de que o cenário nacional ainda está se adaptando a este contexto é a normativa ISO 50001:2011- Sistemas de gestão da energia - Requisitos com orientações para uso, atualizada em sua versão 2018 à partir de 31 de agosto, quem veio auxiliar o sistema de gestão da qualidade e o monitoramento de processos na promoção de uma gestão que priorize a eficiência energética (ABNT, 2018).

Neste contexto a Figura 1 mostra o fluxo de gestão da energia conforme a ABNT ISO 50001 de 2018 em seu ciclo de melhoria contínua (ABNT, 2018).



Figura 1 - Fluxo de Gestão de energia adaptado

Outro fator que ainda deve ser considerado é a indiscutível busca pela redução de custos que deve ser constante. Assim, os valores pagos pela energia são representativos dentro dos custos gerais da manufatura. Uma gestão adequada desses custos, onde se busca uma maior produção com o mesmo consumo energético ou o menor consumo energético para uma mesma produção, é de grande valia (ABNT, 2018). Rosa *et al*. (2017) também comentam que uma boa gestão energética, se for bem executada, pode trazer um retorno financeiro já à médio prazo.

Conforme o Balanço Energético Nacional, do ano base 2016, o fluxo da energia elétrica é abastecido em 68,1% pela energia hidráulica. O restante é dividido em gás natural, biomassa, energia eólica, derivados de petróleo, carvão mineral e derivados da energia nuclear e solar.

Deste total, a produção de 31,5% é destinada ao consumo industrial, 21,4% ao consumo residencial e o restante é dividido entre: o setor comercial, o setor público, o energético, o agropecuário, setor de transportes, além das perdas. A Figura 2 mostra esse fluxo da energia elétrica no Brasil (EPE, 2017).

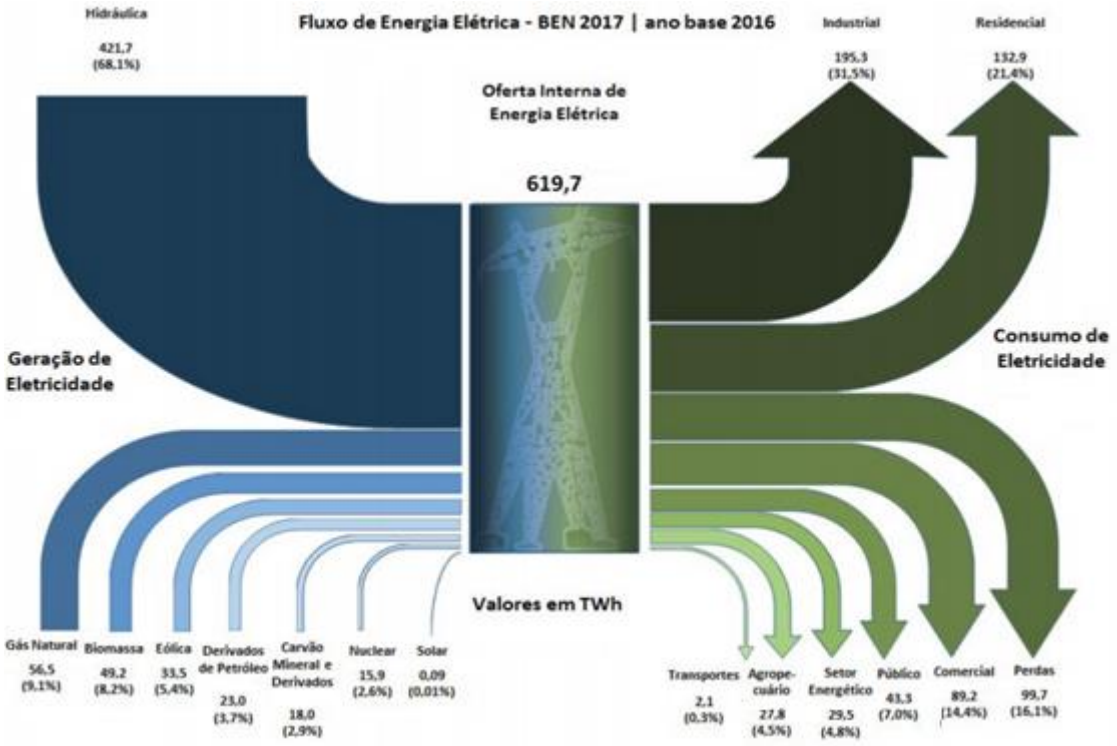


Figura 2 – Fluxo da energia elétrica no Brasil

1.2. Motores elétricos

Dentro dos 31,5 %, pelos quais a indústria é responsável no consumo de energia elétrica, os motores representam um total de 60% deste consumo. Logo, tornar estes equipamentos mais eficientes poderá ajudar numa eficiência significativa da parte consumidora (WEG, 2015).

Fator fundamental para o monitoramento da gestão é a aplicação dos Indicadores de Desempenho Energético - IDE. Conforme Moralles (2007) os IDE são produtos da relação de informações físicas ou administrativas com as medidas obtidas ou custos e consumos de energia de um determinado local.

Segundo Abreu *et al*. (2010) a utilização destes indicadores pode trazer como consequência:

a) a redução do consumo energético;

b) novas políticas de eficiência energética;

c) o vislumbre de limitações estruturais da organização;

d) a substituição de equipamentos e processos;

e) a alteração de matérias primas; e

f) a reavaliação de metas para as políticas já existentes.

Os motores elétricos são dispositivos que focam na transformação da energia elétrica em energia mecânica (FRANCHI, 2008). Cada motor deve entregar uma determinada potência e

esta pode ser medida através da Equação 1 (WEG, 2015).

$$P = V\ x\ I\ x\ \sqrt{3}\ x\ n\ x\ \cos\varphi \qquad \text{Eq.[1]}$$

Onde:
P = Potência em Watts;

V = Tensão em Volts;

I = Corrente Elétrica em ampères;

n = Rendimento em porcentagem; e

cos φ = Fator de Potência.

Já o rendimento pode ser calculado através da Equação 2 (WEG, 2015).

$$n = \frac{P\ (cv) x\ 736}{\sqrt{3}\ x\ I\ x\ V\ x\ \cos\varphi} = 100 \qquad \text{Eq.[2]}$$

Por fim, a energia consumida pelos motores pode ser mensurada através da Equação 3 (ELETROBRÁS *et al*., 2009).

$$Energia = \frac{P_{cv}\ x\ Carreg\ x\ h\ x\ 0{,}736}{n} \qquad \text{Eq.[3]}$$

Onde:
P_{cv} = Potência do motor em CV;

Carreg = Carregamento atual do motor em porcentagem;

h= Horas de funcionamento do motor no mês;

n = Rendimento do motor para o carregamento atual; e

Energia = Por mês, dada em kWh.

1.3. Reciclagem do PET

Os produtos derivados do PET chegaram ao mercado brasileiro na década de 1990, com suas características, os mesmos atendem as condições necessárias para alcançar os requisitos do consumidor e os altos padrões de desempenho ambiental (ABIPET, 2017). Por se tratar de um material 100% reciclável e apresentar vantagens em aspectos como, a energia consumida, o consumo de água e impactos ambientais, as indústrias de reciclagem de PET se desenvolveram rapidamente (DORATIOTTO *et al*, 2011).

O procedimento de reciclagem do PET pode ser efetuado por meios químicos, energéticos e mecânicos, sendo o mecânico, o método mais utilizado, devido a seu custo (GUELBERT *et al*, 2007). De acordo com a ABIPET (2017) o processo de reciclagem mecânico pode ser divido nas etapas de recuperação, revalorização e transformação sendo que:

a) Recuperação: Começa a partir do descarte do PET e é finalizado com a confecção do fardo, que se transforma em sucata comercializável;

b) Revalorização: Inicia após a compra da sucata em fardos e termina na produção de matéria-prima reciclada;

c) Transformação: Após o final do processo completo de reciclagem, a matéria-prima é utilizada para a fabricação de inúmeros produtos derivados do PET.

Os sistemas de reciclagem podem ser dimensionados de acordo com as necessidades da empresa, nas questões de capacidade de produção, granulometria, dimensões do espaço a ser colocado, entre outras. No mercado, encontram-se sistemas de reciclagem do PET na forma Básica, Normal e a Avançada, possuindo o mesmo principio de funcionamento, com diferenças na questão tecnológica (PLASTIMAX, 2017).

A Figura 3 demonstras um sistema básico de reciclagem PET e produção do *flake*.

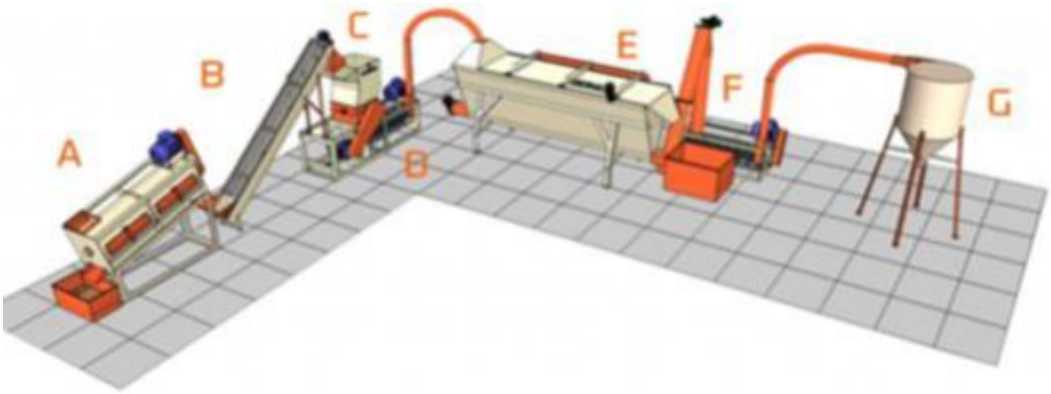


Figura 3 – Sistema básico para reciclagem do PET e entrega do *flake*

Onde:

a) tirador de rótulos;
b) rosca;
c) moinho;
d) lavadora;
e) tanque de descontaminação PET;
f) secadora; e
g) silo.

2. Objetivos e metodologia

Sabendo-se que a maioria dos sistemas possuem motores e que estes são responsáveis por grande parte do consumo energético, buscou-se um roteiro simplificado para esta ação. Como objetivo geral desta pesquisa, tem-se a entrega de um roteiro simplificado para melhoria energética em uma planta de reciclagem de PET e entrega do *flake*, porém deve-se ressaltar que estas ações foram somente aplicadas sobre motores elétricos.

A metodologia definida nesse trabalho consistiu das seguintes etapas:

a) mapeamento do processo;
b) análise do processo;

c) identificação dos equipamentos;
d) identificação das fontes consumidoras de energia;
e) levantamento dos dados de consumo;
f) realização de cinco medições para cada item a fim de se ter um desvio padrão;
g) análise do consumo energético;
h) avaliação dos resultados obtidos;
i) análise de possíveis melhorias; e
j) apresentação do fluxo de análise da eficiência energética.

3. Resultados e análises

A análise foi feita sobre uma planta básica de reciclagem de PET e entrega de *flake*. Este processo pode ser mais bem entendido a partir do fluxo gerado pela análise, conforme demonstrado na Figura 4.

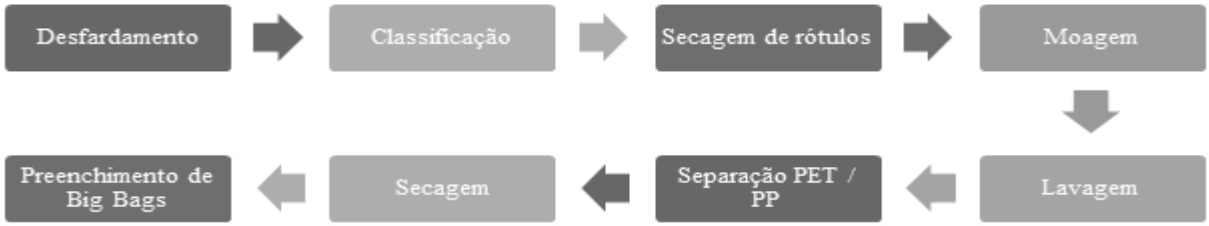


Figura 4 – Fluxograma de processo da planta de *flake*

As características do processo foram delimitadas como sendo:

a) ambiente sem periculosidade;
b) tensão de alimentação de 380 volts;
c) período de funcionamento diurno;
d) 8 horas de funcionamento por dia; e
e) carga do processo com 300 kg por hora.

Após a identificação do processo, através do fluxo da Figura 4, foram identificadas as fontes consumidoras de energia. Estes motores e suas respectivas capacidades são apresentadas na Figura 5.

Desfardamento	• Processo manual	
Classificação	• M1: 1cv / 2,5 amp	
Secagem dos rótulos	• M2: 15 cv / 21,5 amp	M3: 3 cv / 5,2 amp
Moagem	• M4: 1 cv / 2,5 amp	M5: 30 cv / 41,9 amp
Lavagem	• M6: 15 cv / 21,5 amp	
Separação PET / PP	• M7: 1,5 cv / 1,7 amp	M8: 0,5 cv / 1,11 amp
Secagem	• M9: 1 cv / 2,5 amp	M10: 15 cv / 21,5 amp
Preenchimento de Big Bags	• M11: 10 cv / 15,8 amp	

Figura 5 – Etapas do processo com seus respectivos motores

Este levantamento de dados, apresentado na Figura 5, foi feito conforme a Eletrobrás *et al.* (2009), seguindo-se os dados de placa de cada motor. Na sequência foram compiladas as características complementares de cada motor conforme Tabela 1.

Motores de indução trifásicos	M1 M4 e M9: Voges B80 A4	M2, M6 e M10: Voges B132 M4	M3: WEG 90S 286	M5: Voges B180 M4	M7: Voges B80 A4	M8: Vogues B71 A4	M11: Voges B132 S2
Potência (cv)	1	15	3	30	1,5	0,5	10
Proteção	IP 55	IP 55	IP 54	IP 55	IP 55	IP 55	IP 55
IP / In	6,4	8	7	7,4	5,3	5	7,3
RPM	1730	1765	3460	1755	1730	1700	3540
Tensão (V)	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380
Rendimento %	79,00	88,50	81,50	91,00	78,00	71,00	87,50
Fator serviço	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Isolamento	B	B	B	F	B	B	B
Regime	Contínuo	S1	S1	Contínuo	Contínuo	Contínuo	S1
Freq.(Hz)	60	60	60	60	60	60	60
Corrente (amp)	4,3/2,5	37,2/21,5	9/5,2	72,6/41,9	2,95/1,7	1,92/1,11	27,4/15,8
Fator Potência	0,85	0,88	0,84	0,88	0,84	0,71	0,87

Tabela 1 – Dados das placas dos motores

O levantamento detalhado foi feito com um alicate wattímetro digital Minipa, modelo ET-4090. Foram feitas 5 medições por fase de cada motor, sendo que após foram obtidas as médias, desvio padrão e coeficiente de variação por fase. Na sequência foram feitas as comparações com a informação de placa. A Tabela 2 apresenta estes dados.

	Med.	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
R	1	1,190	7,900	5,080	1,200	14,800	7,640	1,360	0,910	1,230	7,830	5,000
	2	1,170	7,930	5,020	1,210	14,800	7,680	1,330	0,980	1,250	7,850	4,930
	3	1,180	7,910	5,060	1,210	14,800	7,630	1,370	0,880	1,220	7,800	5,400
	4	1,200	7,890	5,100	1,190	14,800	7,640	1,350	0,920	1,230	7,780	5,240
	5	1,170	7,910	5,100	1,200	14,800	7,610	1,360	0,930	1,220	7,830	5,300
S	1	1,220	8,460	5,160	1,240	13,900	8,450	1,590	1,190	1,260	8,310	4,700
	2	1,200	8,440	5,120	1,230	13,900	8,400	1,600	1,210	1,280	8,300	4,600
	3	1,210	8,460	5,150	1,250	13,900	8,460	1,620	1,160	1,270	8,400	4,820
	4	1,230	8,480	5,180	1,240	13,900	8,440	1,600	1,180	1,250	8,330	4,500
	5	1,220	8,450	5,160	1,260	13,900	8,450	1,570	1,210	1,280	8,350	4,750
T	1	1,140	8,450	5,650	1,160	14,800	8,460	1,440	0,880	1,180	8,340	4,800
	2	1,130	8,460	5,680	1,130	14,800	8,470	1,450	0,870	1,190	8,440	5,000
	3	1,140	8,430	5,660	1,180	14,800	8,420	1,480	0,900	1,180	8,350	4,870
	4	1,150	8,450	5,690	1,150	14,800	8,480	1,450	0,880	1,200	8,400	4,900
	5	1,160	8,440	5,640	1,170	14,800	8,430	1,453	0,890	1,170	8,320	4,700
R	μ	1,182	7,908	5,072	1,202	14,800	7,640	1,354	0,924	1,230	7,818	5,174
	σ	0,013	0,015	0,033	0,008	0,000	0,025	0,015	0,036	0,012	0,028	0,201
	CV	0,011	0,002	0,007	0,007	0,000	0,003	0,011	0,039	0,010	0,004	0,039
S	μ	1,216	8,458	5,154	1,244	13,900	8,440	1,596	1,190	1,268	8,338	4,674
	σ	0,011	0,015	0,022	0,011	0,000	0,023	0,018	0,021	0,013	0,040	0,126
	CV	0,009	0,002	0,004	0,009	0,000	0,003	0,011	0,018	0,010	0,005	0,027
T	μ	1,144	8,446	5,664	1,158	14,800	8,452	1,455	0,884	1,184	8,370	4,854
	σ	0,011	0,011	0,021	0,019	0,000	0,026	0,015	0,011	0,011	0,049	0,112
	CV	0,010	0,001	0,004	0,017	0,000	0,003	0,010	0,013	0,010	0,006	0,023
RST	Amp	1,181	8,271	5,297	1,201	14,500	8,177	1,468	0,999	1,227	8,175	4,901

Tabela 2 – Dados coletados com o wattímetro e aplicação de estatística básica

3.1. Análise dos motores e redimensionamento

Seguindo-se a sequência proposta na metodologia, aplicou-se a análise de uma curva de rendimento do motor. Como este experimento objetiva a montagem de um fluxo de inspeção final, optou-se pela análise somente do motor M3, referente à bomba d'água. Isto se justifica em função deste motor trabalhar em regime contínuo e também totalmente carregado. Os outros trabalham com parte do seu tempo à vazio ou em regime intermitente.

O M3 é um motor de 3 cv, de 2 polos operando com uma corrente média de 5,297 amperes. A Figura 6, apresenta a curva de carga deste motor (WEG, 2018).

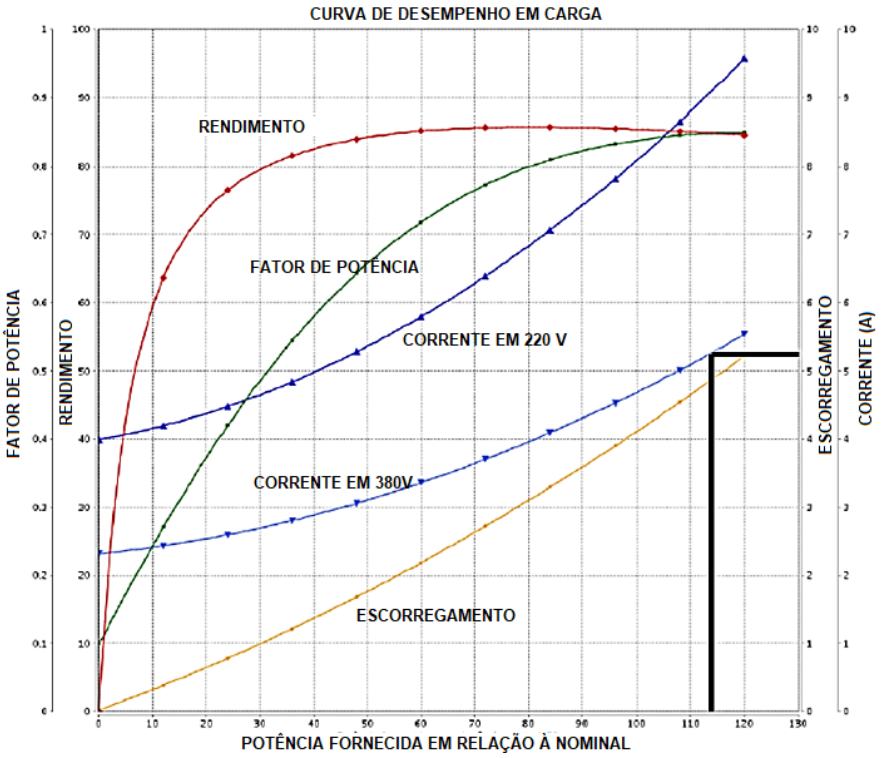


Figura 6 – Curva de desempenho do Motor M3

- Potência = 3 cv
- Tensão = 380 V
- Corrente nominal = 5,2 Ampères
- Rendimento = 81,5%
- Fator de potência = 0,84
- Corrente medida = 5,297 = 5,3 Ampères

Aplicando-se a Eq.1, tem-se:

$$P = 380\ x\ 5{,}3\ x\ \sqrt{3}\ x\ 0{,}815\ x\ 0{,}84 = 2.388\ W = 3{,}25\ cv$$

$$\frac{3{,}25\ cv\ de\ uso\ real}{3{,}00\ cv\ de\ capacidade} = aprox.\ 110\%\ de\ uso\ do\ motor.$$

Sabendo-se que este motor está com uso superior à 100%, calculou-se o rendimento real,

através da Equação 2.

$$n = \frac{3\ x\ 736}{\sqrt{3}\ x\ 5{,}3\ x\ 380\ x\ \ 0{,}84} = 100\ \ \rightarrow n = 75{,}35\%$$

Percebe-se que este motor está subdimensionado, consumindo por mês o valor determinado pela Equação 3.

$$Energia = \frac{3\ x\ 110\%\ x\ 176\ x\ 0{,}736}{75{,}35\%} \rightarrow Energia = 567{,}73\ kWh/mês$$

Como opção para esta adequação, optou-se pelo seguinte motor, imediatamente superior.

- Motor de indução trifásico;
- Potência – 4 cv;
- Carcaça – 90S;
- 220/380 V;
- Rendimento – 87,5%;
- Fator de Potência – 0,84;
- 2 Polos – 3450 rpm;
- In – 6,21 A.

Desta forma, em um motor de 4 cv se tem um carregamento de 81,25 %

$$\frac{3{,}25}{4} = 81{,}25\ \%$$

A curva de rendimento deste motor está apresentada na Figura 7 (WEG, 2018).

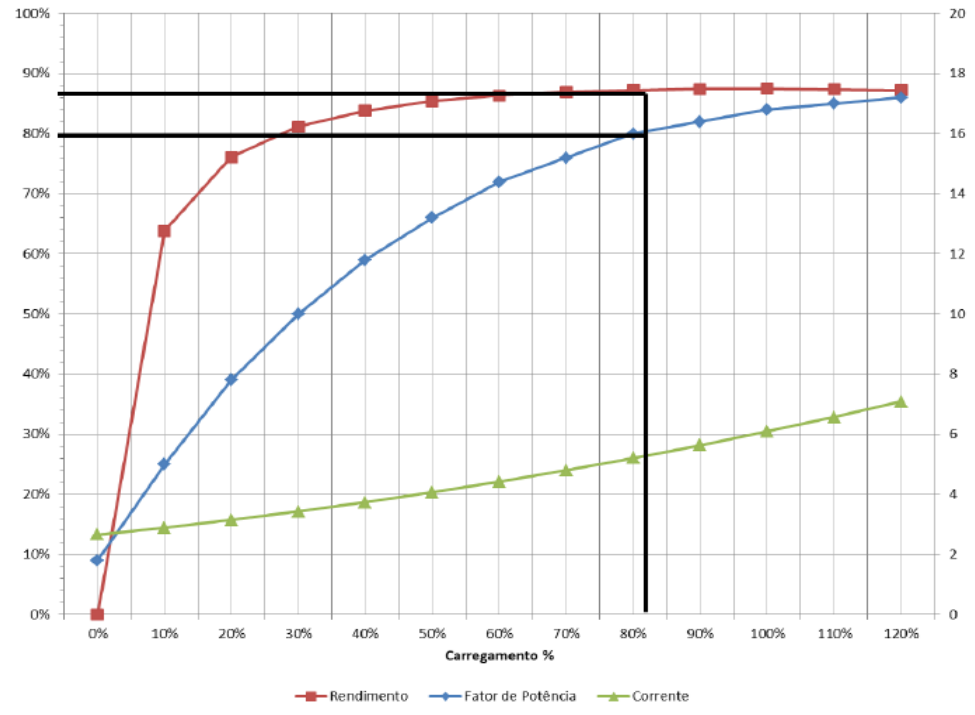


Figura 7 – Curva de desempenho para o motor 4 cv, em substituição M3

O recalculo do consumo foi feito conforme Equação 3.

$$Energia = \frac{4\ x\ 81{,}25\%\ x\ 176\ x\ 0{,}736}{87{,}35\%} = 482\ kWh/mês$$

Representando uma economia de:

$$567{,}7 - 482 = 85{,}7\ kWh/mês$$

Como existem variações de valores para a venda da energia elétrica em diferentes partes do país, não se compararam valores monetários. Porém como a ISO 50001, dentro do seu processo de melhoria contínua, e auxiliada pela ISO 50006 - Sistemas de gestão de energia — Medição do desempenho energético utilizando linhas de base energética (LBE) e indicadores de desempenho energético (IDE) — Princípios gerais e orientações, pede um controle sobre as melhorias aplicadas, pode-se gerar o seguinte indicador de controle.

$$IDE = \frac{Energia\ consumida\ pelo\ sistema\ (\frac{kWh}{mês})}{Energia\ prevista\ para\ ser\ consumida\ (\frac{kWh}{mês})}$$

Neste IDE, a energia consumida pelo sistema será o real da fatura de energia elétrica e a prevista será a somatória de todas as capacidades de placa dos motores.

Já dentro das possíveis melhorias que podem ser aplicadas no sistema, visando um menor consumo energético, deve-se focar na manutenção preventiva. Desta forma pode-se:

- lubrificar adequadamente os componentes;
- evitar o desgaste dos componentes;
- manter os eixos alinhados;
- evitar-se ruídos e vibrações;
- evitar a oxidação através de limpezas periódicas;
- substituir vedações desgastadas;
- limpar e balancear os rotores;
- manter cabos e conexões em bom estado de conservação.

Como resultado final da pesquisa, tem-se o roteiro de avaliação energética, proposto na Figura 8. Este roteiro pode ser aplicado de maneira simplificada, a partir das equações já apresentadas nesta pesquisa.

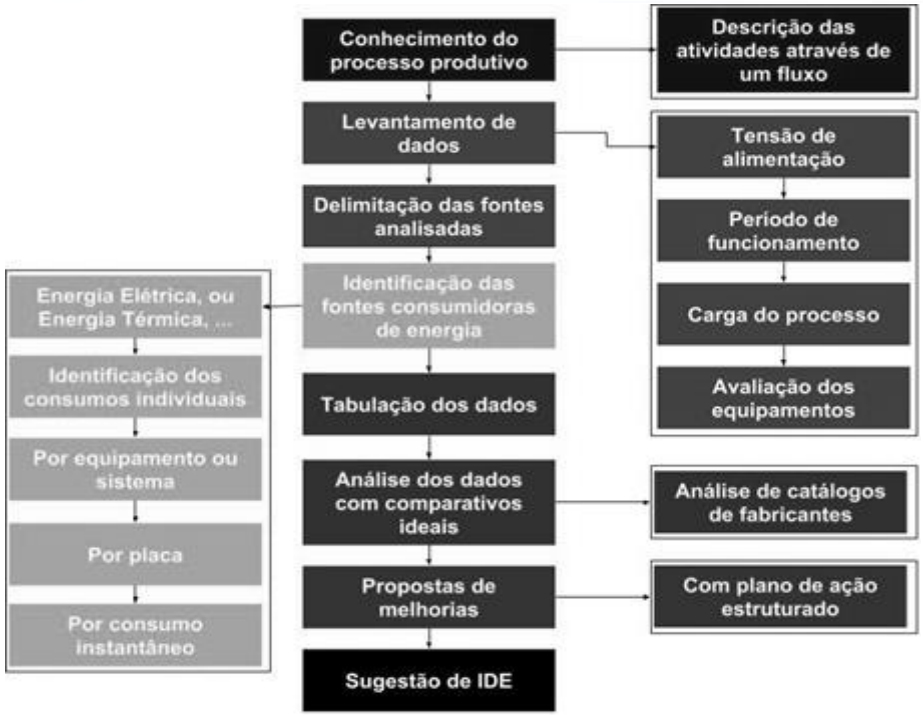


Figura 8 – Roteiro de avaliação energética

5. Conclusões

Como todo projeto de engenharia, este também somente será validado com a devida apresentação de um *payback* adequado. Buscando um melhor resultado neste custo benefício, pode-se também fazer o estudo de motores de alto rendimento e assim, apresentar-se uma maior viabilidade para o projeto de eficiência energética.

A aplicação adequada de melhorias energéticas, buscando a sua eficiência e sustentabilidade, pode garantir a vida futura de indústrias e organizações que tem em seu custo, uma grande participação do fator energia.

Referências

ABREU, Y. V.; OLIVEIRA, M. A. G; GUERRA, S. M. (Orgs). *Energia Sociedade e Meio Ambiente, 2010***.** Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/Energia_sociedade_e_meio_ambiente.html?hl=pt-BR&id=UE56tHTf8gIC&output=html_text&redir_esc=y> Acesso em 20 out. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET. *Reciclagem*. Disponível em: <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=69> Acesso em 22 out. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5462: Confiabilidade e Mantenabilidade — Requisitos com orientações para uso.* Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 50001: Sistemas de gestão da energia — Requisitos com orientações para uso.* Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 50002: Diagnósticos energéticos - Requisitos com orientação para uso.* Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 50006: Sistemas de gestão de energia — Medição do desempenho energético utilizando linhas de base energética (LBE) e indicadores de desempenho energético (IDE) — Princípios gerais e orientações.* Rio de Janeiro, 2016.

DORATIOTTO, C. P. et al. *Reciclagem de pet (polietileno tereftalato) no brasil*. 2011. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/0908_0985_01.pdf> Acesso em 18 out. 2017.

ELETROBRÁS et. al. *Metodologia de realização de diagnóstico energético: guia básico***.** IEL/NC.108 p. : il. ISBN 978-85-87257-29-1Brasília, 2009.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balanço Energético Nacional 2017: Ano Base 2016.* Rio de Janeiro – RJ. 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Eficiência energética na indústria e nas residências.* Rio de Janeiro – RJ. 2010.

ELETROBRAS, *et al.* *Metodologia de realização de diagnóstico energético: guia básico*. 106 f. Brasilia: IEL/NC, 2009.

FRANCHI, Claiton Moro. *Acionamentos Elétricos*. 4. ed. São Paulo: Érica, 2008.

GOLDEMBER, J.; LUCON, O.. *Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento*. 3. ed. São Paulo: Edusp, 2011.

GUELBER. T. F. et al. *A Embalagem PET e a Reciclagem: Uma visão econômica e sustentável para o planeta,* 2007. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr680488_9965.pdf> Acesso 25 out. 2017.

HIRINCHS, R. A. *et al.* *Energia e meio ambiente*. Tradução de Flavio Maron Vichi, Leonardo Freire de Mello. 3. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

MORALES, Cayton. *Indicadores de consumo de energia elétrica como ferramenta de apoio à gestão: Classificação por prioridades de atuação na Universidade de São Paulo*. 101 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PLASTIMAX. *Equipamentos Individuais***.** Disponível em: <http://www.plastimaxmaquinas.com.br/equipamentos-individuais/> Acesso em 26 out. 2017.

ROSA, Silvio C F; OLIVEIRA, Cássio D.; POLICENA, Ítalo; MORAES, Jorge A. *Uma análise teórica do consumo de energia na Rotomoldagem, com base na NBR ISO 50001*. Anais XVII SEPROSUL, ISSN 2237-3799 – Universidade de Santa Maria – PPGEP. Santa Maria – RS, 2017

WEG. *Motores elétricos*. Disponível em: < https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico---Baixa-Tens%C3%A3o/c/BR_MT_3PHASE_LV> Acesso em 20 abr. 2018.

WEG. *Motores elétricos assíncronos e síncronos de média tensão: especificação, características e manutenção*. Catálogo WEG, Jaraguá do Sul, 2015.