Inventário Energético em Indústria de Auto Peças

MURBACH JUNIOR, E [a,c*], MANCINI, S. D. [a], GIANELLI, B. F.[b]

a. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho, São Paulo

b. Instituto Federal de São Paulo, Campus Itapetininga

**Corresponding author, mancini@sorocaba.unesp.br*

Resumo

O progressivo crescimento da fabricação de automóveis tem levado a sociedade e algumas indústrias a reformularem os conceitos de desenvolvimento de produtos e processos, incluindo aspectos favoráveis ao meio ambiente. No Brasil, as indústrias de auto peças, praticam desenvolvimento de produtos que utilizam ferramentas como Eco-Design (DfE – Design for Environmental), (DfR – Design for Recyclability), (DfD – Design for Disassembly) ainda de forma tímida. Entretanto, são amplamente utilizadas ferramentas que têm foco na eliminação e ou redução do tempo do processo produtivo. Para estudos sobre impactos ambientais em processo produtivo, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é a metodologia que melhor se adapta a esse tipo de abordagem, por permitir estudos de viabilidade ecológica, econômica e sustentabilidade em processos de fabricação. O objetivo desse estudo é realizar Inventário de Ciclo de Vida (ICV), restritamente ao consumo de energia elétrica, em processo de fabricação de rolamentos. A fabricação do rolamento estudado compreende 3 grandes etapas, quais sejam, fabricação dos anéis externos e internos, fabricação das agulhas e fabricação da gaiola. Considerando apenas consumo energético dos equipamentos utilizados na obtenção do rolamento, a fabricação de anéis representa 69% do consumo, a fabricação de agulhas representa 27% e a fabricação de gaiolas 4%. Os fornos de tratamento térmico utilizados nas duas primeiras etapas respondem por 58% de todo consumo de eletricidade na fabricação de rolamentos e devem ser os principais alvos de redução de impactos ambientais.

Palavras-chave: *Avaliação de Ciclo de Vida, Inventário de Ciclo de Vida, Indústria de Auto Peças, Rolamentos*

1. Introdução

O rolamento é acessório utilizado pela humanidade desde antiguidade. No principio de forma rudimentar, os rolamentos auxiliavam os transportes de pedras na construção de pirâmides no Egito e cidades da Mesopotâmia. Na Idade Média, Leonardo da Vinci através de pesquisa sobre fenômeno do atrito, observou a distinção entre atrito deslizante e rolante na resistência de giro com auxilio de cilindros. Na revolução industrial, o rolamento teve a utilização acentuada, e com o surgimento da indústria automotiva os rolamentos tiveram inúmeras alterações até os dias atuais (LCR, 2015; NSK, 2015).

Há inúmeros tipos de rolamentos, e estes são projetados de acordo com a necessidade da aplicação. Porém, os rolamentos são basicamente constituídos por anéis externo e interno, corpos rolantes, gaiola e graxa, sendo que alguns apresentam necessidade de vedações ou blindagens. Os anéis externos e internos são partes que possuem a função de "pista" onde os corpos rolantes deslizam; os corpos

rolantes podem ser de varias formas, como esferas, cilindros; e a gaiola possui a função de separar os corpos rolantes, evitando contatos entre si, enquanto a graxa faz a lubrificação e diminuição do atrito entre as das partes dos componentes (LCR, 2015, NSK, 2015). Adicionalmente, os corpos rolantes cilíndricos são usualmente nomeados de: rolos, cilindros ou agulhas, sendo entendido que a utilização de qualquer uma dessas nomeações refere-se ao mesmo produto. A Figura 1 apresenta exemplos de rolamentos.

Fig.1. Exemplo de Rolamentos

Geralmente, a fabricação dos componentes de rolamentos passa por diversas etapas, desde a transformação da matéria prima até a montagem final do rolamento. Anéis externos, internos, rolos e esferas são geralmente fabricados de aço alto carbono, os quais após usinagem sofrem tratamento térmico, seguindo de operações de retíficas. As gaiolas podem ser fabricadas de aço baixo carbono ou termoplásticos moldados por injeção.

Atualmente o desenvolvimento de produtos e processos apresentam enfoque sistemático para as análises de impactos ambientais. Os processos industriais não só geram resíduos, como também consomem recursos naturais, necessitam de infraestrutura, utilizam produtos químicos, água e energia elétrica, e geram produtos que devem ser transportados, consumidos e, em alguns casos, reutilizados antes de seu descarte final. Em cada uma dessas etapas são gerados impactos ambientais diversos, que devem ser analisados antes de tomadas de decisões.

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) corresponde uma ferramenta para a análise dos impactos ambientais que pode envolver todas etapas de vida útil de um produto, desde a extração e consumo de matéria prima; energia, água e insumos para fabricá-lo; até o uso e disposição final de seus resíduos, tanto do processo de fabricação quanto ao término da vida útil (Gianelli, 2014).

Segundo Ferreira *et al*., 2004, historicamente o termo ACV, ou em inglês, "Life Cycle Assessment" (LCA), foi utilizada primeiramente nos Estados Unidos da América (EUA) em 1990, entretanto o uso da ferramenta provém desde meados de 1970. Um dos estudos pioneiros registrados foi relacionado a quantificação e necessidade de recursos, emissões e resíduos originados por diferentes embalagens de bebida, o qual foi conduzido pelo "Midwest Research Institute" (MRI) para a companhia Coca Cola em 1969. Em 1972, o MRI iniciou estudo nas embalagens de cervejas encomendado pela "U. S. Environmental Protection Agency" (USEPA), o qual marcou o desenvolvimento da prática da ACV como é conhecida atualmente.

Com intuito de padronizar o uso da metodologia da ACV na abordagem de gestão ambiental, a Organização Internacional para a Padronização (ISO, na sigla em inglês) criou em 1992 um comitê técnico para normalização e posteriormente foram publicadas as normas relacionadas a ACV:

ISO 14040:1997	Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura.
ISO 14040:1998	Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Objetivos, Escopo e Análise de Inventário.
ISO 14042:2000	Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida.
ISO 14043:2000	Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Interpretação do Ciclo de Vida.
ISO/TR 14049:2000	Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Exemplos de Aplicação da ISO 14041 para Definição de Objetivos, Escopo e Análise de Inventário.
ISO/TS 14048:2002	Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Formato da Documentação das Informações.
ISO/TR 14047:2003	Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Exemplos de Aplicação da ISO 14042.

Para Curran (1996), o uso da ACV pode promover informações que vão além do conceito do estudo de ciclo de vida para simples comparação de produtos, sendo atualmente visto como uma parte essencial para definição de objetivos mais abrangentes, como a sustentabilidade. Nesse sentido, uma das etapas mais importantes da ACV é a obtenção de dados de Inventário do Ciclo de Vida (ICV) que, convenientemente interpretados, fornecerão importantes informações quali e quantitativas, bem como servirão de base para serem transformadas em dados ambientais mais específicos como, por exemplo, o quanto determinado produto está impactando no aquecimento global ou na depleção da camada de ozônio.

Segundo Yokote (2003), no setor industrial aplica-se ACV em níveis: em termos de defesa, marketing e desenvolvimento tecnológico. No contexto da defesa, as indústrias realizam ACV para ajudar na defesa de eventuais acusações e pressões de concorrentes, governo e clientes. Em marketing, a indústria realiza ACV no intuito de obter declarações ambientais para ilustrar o produto como diferencial de mercado. Para o contexto de desenvolvimento tecnológico sustentável, a ACV apresenta foco na tomada de decisões de melhoria contínuas na gestão ambiental e na identificação de pontos críticos de processo ou projeto em questões ambientais.

Com relação ao processo de fabricação de rolamentos, é sabido que o mesmo utiliza-se da energia elétrica para funcionamento dos equipamentos. No Brasil, a maior oferta interna de energia provém de recursos hídricos, correspondendo a 70.6% no ano de 2013, conforme Figura 2. (EPE, 2014). Tanto a obtenção de eletricidade por recursos hídricos quanto por qualquer outra forma (combustíveis fósseis, biomassa, nucleares ou a partir dos ventos) possuem problemas com relação à geração de impactos ambientais.

Para o setor das indústrias brasileiras, de forma generalizada, o consumo de energia elétrica se mantém estável, correspondendo a aproximadamente 20% da oferta da energia brasileira, segundo acompanhamento de dados do Ministério de Minas e Energia (MME), conforme a Tabela 1. (EPE, 2014). Conforme se observa na Tabela, o recurso da energia elétrica pode ser classificado como a principal fonte de energia individual utilizada pelas indústrias brasileiras, reforçando a importância de se estudar esse tipo de energia na indústria.

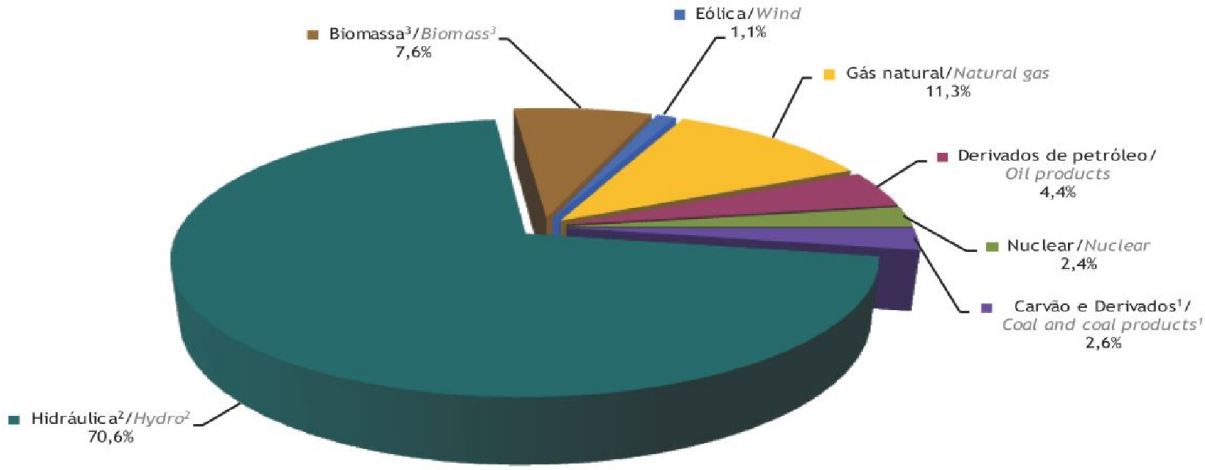

Fig. 2. Distribuição Brasileira da Oferta Interna de Fontes de Energia.

Tab. 1. Balanço do Consumo de Energia das Indústrias Brasileiras, 2013.

%

FONTES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	*SOURCES*
GÁS NATURAL	9,3	9,9	9,9	10,0	10,4	9,5	10,8	11,3	11,1	11,0	*NATURAL GAS*
CARVÃO MINERAL	4,0	3,9	3,6	3,7	3,8	3,2	3,8	4,2	4,0	4,1	*STEAM COAL*
LENHA	7,7	7,7	7,6	7,5	8,0	8,6	8,4	8,3	8,4	8,7	*FIREWOOD*
BAGAÇO DE CANA	17,9	18,0	20,1	19,9	18,9	21,2	20,2	19,1	20,1	19,5	*SUGAR CANE BAGASSE*
OUTRAS FONTES PRIM. RENOVÁVEIS	5,6	5,8	6,1	6,1	6,5	7,3	7,1	6,9	6,7	7,2	*OTHER RENEWABLE PRIMARY SOURCES*
ÓLEO COMBUSTÍVEL	6,2	6,1	5,3	5,2	4,9	4,9	3,8	3,3	3,0	3,0	*FUEL OIL*
GÁS DE COQUERIA	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,4	1,4	*GAS COKE*
COQUE DE CARVÃO MINERAL	9,5	8,8	8,1	8,3	8,2	7,0	8,8	9,3	9,0	8,8	*COAL COKE*
ELETRICIDADE	20,7	20,7	20,7	20,4	20,8	21,1	20,4	20,3	20,3	20,5	*ELECTRICITY*
CARVÃO VEGETAL	8,1	7,8	7,2	7,0	6,9	4,3	4,7	4,8	4,5	4,1	*CHARCOAL*
OUTRAS	9,5	9,9	9,9	10,7	10,5	11,6	10,6	11,3	11,3	11,6	*OTHERS*
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	*TOTAL*

2. Métodos

O inventário energético foi elaborado através de coleta de informações a partir de um determinado rolamento dentro de uma indústria de autopeças. Foram separados os componentes do rolamento e elaborado fluxograma de processo de cada componente de forma independente. A partir do fluxograma de cada componente, foram coletadas informações de consumo elétrico e características de cada equipamento utilizado na fabricação.

Adicionalmente, no intuito de relacionar os dados de processo com a condição real de processo, foi escolhida uma Ordem de Produção (OP) ordinária, já concluída, e foi escolhido dia e horário que cada equipamento estava em funcionamento. Assim, pôde-se identificar o consumo da energia elétrica por equipamento no dia e horário determinado. A compilação dos dados do consumo elétrico está relacionada ao consumo dos equipamentos, na unidade de kWh, sendo que a quantidade de peças fabricadas não foi considerada.

3. Resultados

Os resultados do ICV, restritos ao consumo energético, podem possibilitar uma identificação do processo e do equipamento de maior consumo elétrico, bem como a comparação entre processos e equipamentos e possíveis ações de melhoria na gestão ambiental. Antes disso, porém, é imprescindível mapear corretamente o processo desejado, para que todas as etapas sejam convenientemente avaliadas.

A Figura 3 apresenta o fluxo do processo de fabricação de um rolamento de agulhas, utilizado no estudo.

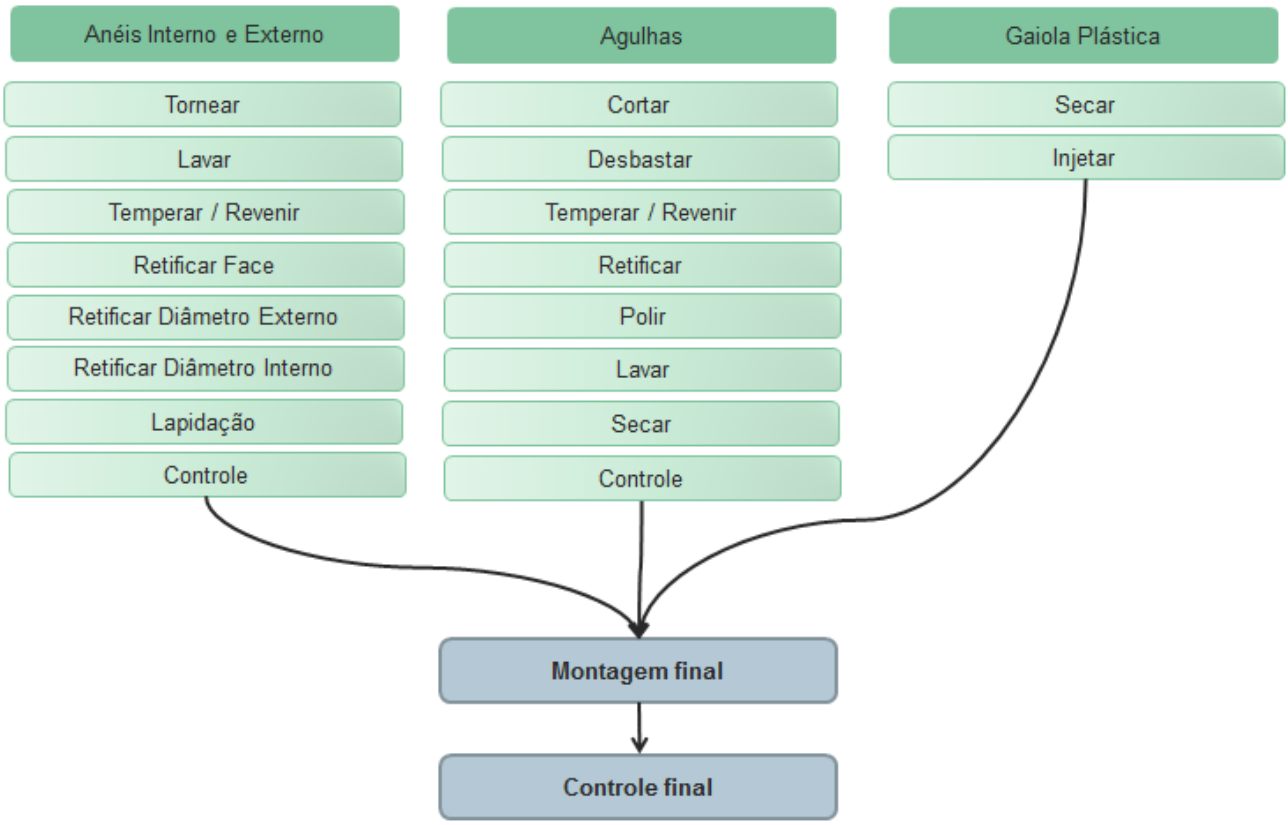

Fig. 3. Fluxograma de Processo de Fabricação de Rolamento de Agulhas

A Figura 4 apresenta dados relativos à distribuição do consumo nas três grandes etapas de fabricação de um determinado rolamento. Observa-se que o maior consumo elétrico corresponde ao processo de fabricação de anéis, apresentando consumo total de 366,3 kWh (mais de 2/3 do total), enquanto a fabricação de gaiolas, com 21,8 kWh (4 % do total), é o menor consumo. A fabricação de agulhas, com 147,9 kWh, completa o consumo de eletricidade do rolamento.

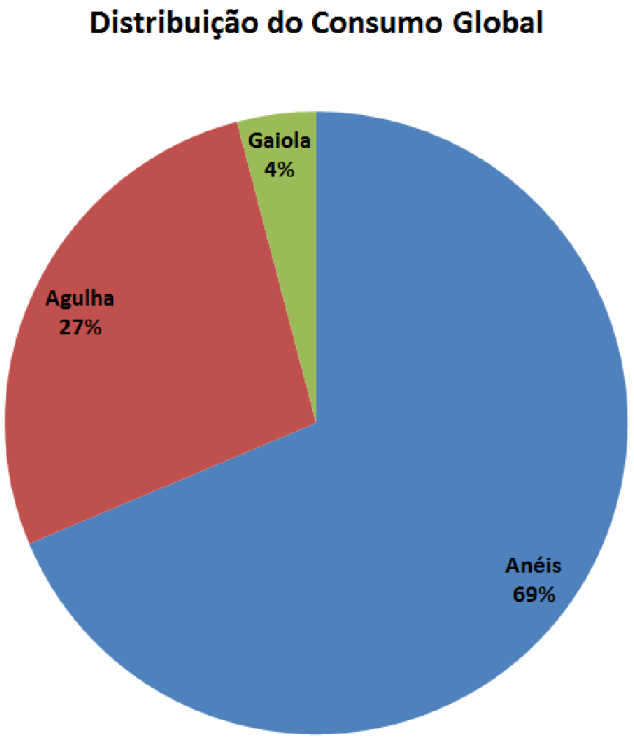

Fig.4. Distribuição do Consumo Global de Eletricidade.

As Figuras 5, 6 e 7 apresentam o consumo de eletricidade nas três grandes etapas de obtenção do rolamento em estudo (Figura 2), respectivamente, a fabricação de anéis, a fabricação de agulhas e a fabricação da gaiola.

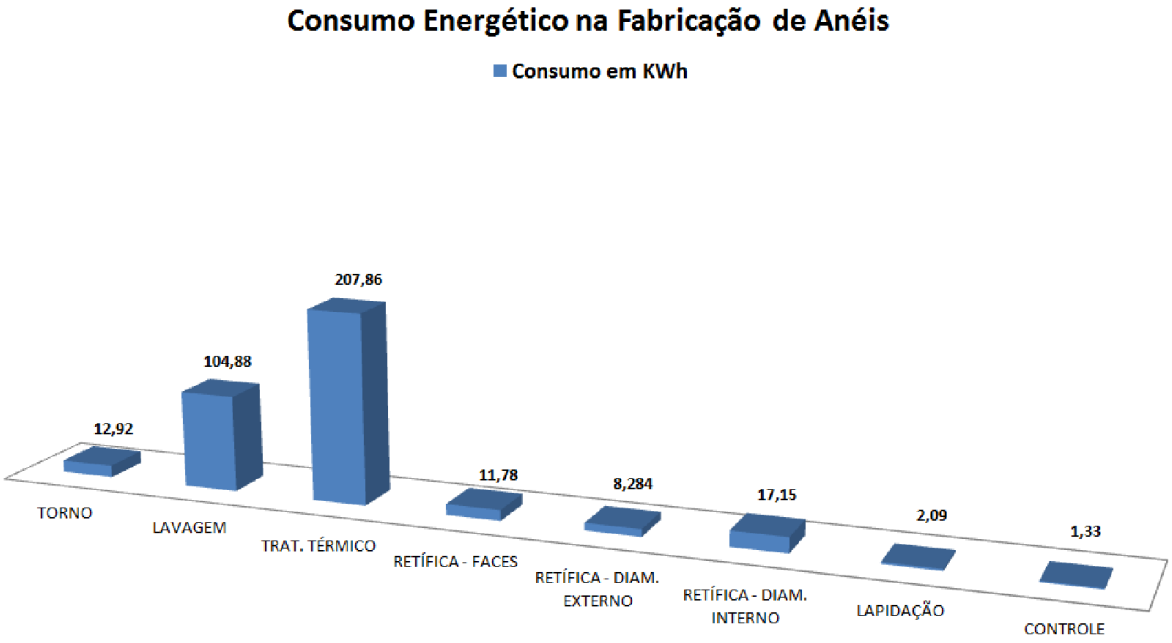

Fig.5. Consumo Energético na Fabricação de Anéis, resultados distribuído por operações.

Observa-se pela Figura 5 que o equipamento relevante ao maior consumo elétrico é o forno de têmpera e revenimento, com valores de consumo elétrico de 207.86 kWh, ou 56.7% em relação aos demais equipamentos do processo.

Também para o consumo elétrico do processo de fabricação de agulhas, o processo de maior consumo elétrico é o tratamento térmico com valores de 101.84 kWh, ou 68.8% em relação aos demais equipamentos, conforme a Figura 6.

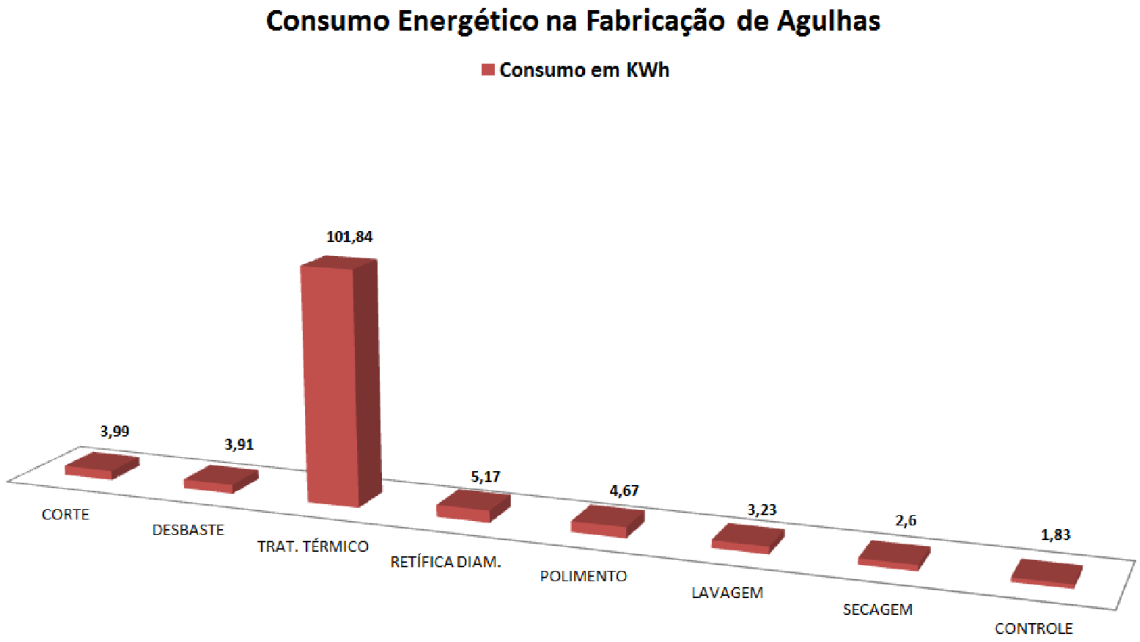

Fig.6. Consumo Energético na Fabricação de Agulhas, resultados distribuído por operações.

Assim, as operações de tratamento térmico apresentam maior consumo. Deve-se ressaltar que, embora os fornos utilizadas nos dois processos promovam o mesmo tipo resultante de tratamento térmico, a diferença entre consumo na fabricação de anéis em relação à fabricação de agulhas, é devida a a diferença de capacidade dos equipamentos.

Com relação ao consumo energético na fabricação de gaiolas injetadas, a utilização de desumidificador corresponde ao pré condicionamento da matéria prima antes do processo de moldagem por injeção. A desumidificação é devido a propriedade higroscópica da poliamida, material utilizado na fabricação de gaiolas plásticas de rolamento, conforme figura 7.

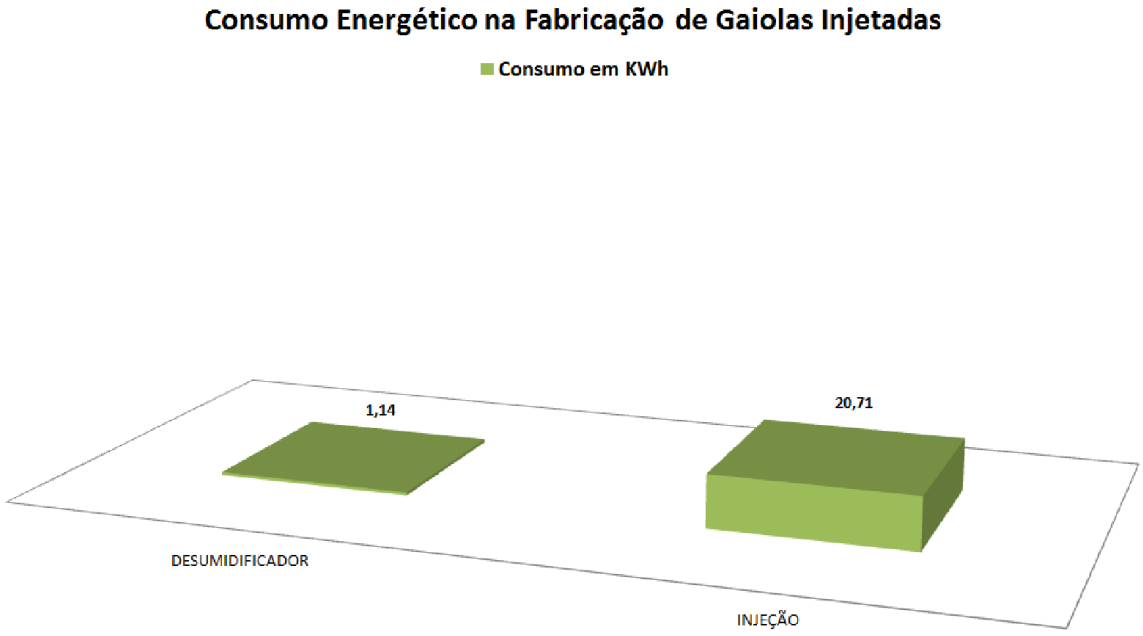

Fig.7. Consumo Energético na Fabricação de Gaiolas Plásticas Injetadas

4. Conclusões

Este estudo pôde fornecer informações relevantes relacionadas ao consumo energético e características de processo produtivo de rolamento.

Os equipamentos de maior consumo são os fornos de tratamento térmico, consequentemente os equipamentos de maior impacto no contexto ambiental. Juntos, os dois fornos significam 58% do consumo de eletricidade da fabricação do rolamento. Já a moldagem por injeção corresponde a fabricação de componente com menor impacto ambiental, e um dos motivos para isso se deve ao fato de sua fabricação apresentar poucos equipamentos com poucas etapas de processo.

Em visão da distribuição global, considerando apenas consumo energético dos equipamentos, a fabricação de anéis representa 69% do consumo, a fabricação de agulhas representa 27%, e a fabricação de gaiolas 4%.

Sugere-se que eventuais ações de melhoria no contexto ambiental, sejam primeiramente relacionadas ao processo de tratamento térmico, devido a acentuada diferença de consumo e impacto ambiental, comparando com os demais equipamentos utilizados na fabricação de rolamento.

5. Referências Bibliográficas

Curran, M. A., 1966. Environmental Life Cycle Assessment. McGraw-Hill, Nova York.

EPE, 2014. Balanço Energético Nacional 2014_Ano base 2013. Ministério de Minas e Energia: http://www.mme.gov.br. Acessado em Fevereiro/2015.

Ferreira, J. V., 2004. Análise de Ciclo de Vida dos Produtos. Instituto Politécnico de Viseu. http://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/jvf/Gest%C3%A3o%20Ambiental%20-%20An%C3%A1lise%20de%20Ciclo%20de%20Vida.pdf. Acessado em fevereiro/2015.

Gianelli, B. F., 2014. Avaliação de Ciclo de Vida Comparativa dos Processos de Anodização e Oxidação Eletrolítca com Plasma de Liga de Alumínio. Tese de Doutorado, Posmat, UNesp. pp. 22 - 26.

ISO 14040, 1997. Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.

ISO 14040, 1998. Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Objetivos, Escopo e Análise de Inventário. International Organization for Standardization.

ISO 14042, 2000. Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida. International Organization for Standardization.

ISO 14043, 2000. Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Interpretação do Ciclo de Vida. International Organization for Standardization.

ISO/TR 14047, 2003. Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Exemplos de Aplicação da ISO 14042. International Organization for Standardization.

ISO/TR 14049, 2000. Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Exemplos de Aplicação da ISO 14041 para Definição de Objetivos, Escopo e Análise de Inventário. International Organization for Standardization.

ISO/TS 14048, 2002. Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Formato da Documentação das Informações. International Organization for Standardization.

LCR, 2015. http://lcrrolamentos.com.br: http://lcrrolamentos.com.br/LojaCliente/index.php/suporte/ver/12 acessado em Fevereiro/2015.

NSK, 2015. http://www.nsk.com.br: http://www.nsk.com.br/Artigo.asp?Aid=60#tab2 acessado em Fevereiro/2015.

Yokote, A. Y., 2003. Inventário de Ciclo de Vida da Distribuição de Energia Elétrica no Brasil. Dissertação de Mestrado, EPUSP, São Paulo, SP.