Viabilidade da substituição de caldeiras de acordo com a utilização de diferentes tipos de combustíveis

Luciana Cristina de Carvalho Ramos (Faculdade Pitágoras, Campus Poços de Caldas - MG) lucianacristinaramos@gmail.com
Alexandra Maria Sandy (Faculdade Pitágoras, Campus Poços de Caldas - MG) alexasandy@gmail.com
Luciene Vanessa Maia da Rocha Judice (Faculdade Pitágoras, Campus Poços de Caldas - MG) lucienemaia@yahoo.com.br
Gustavo Henrique Judice (Faculdade Pitágoras, Campus Poços de Caldas - MG) gustavoghj@hotmail.com
Diego Henrique de Almeida (Faculdade Pitágoras, Campus Poços de Caldas - MG) diegoestruturas@gmail.com

Resumo:

A questão ambiental tem sido uma grande preocupação das empresas no mundo atual, em especial das indústrias. Isso ocorre devido às pressões advindas dos governos, da sociedade e, principalmente, do próprio mercado econômico, no qual ser sustentável tornou-se item de competitividade e, portanto, de sobrevivência. Diante disto, este artigo tem como objetivo apresentar as vantagens econômicas e ambientais da utilização de biomassa em substituição a combustíveis fósseis em Sistemas de Caldeiras, através de um estudo de caso realizado em uma indústria do Sul de Minas Gerais. Foram estudados os resultados obtidos da substituição de caldeiras que utilizavam como combustível o óleo BPF, por outra que utilizava biomassa. Como conclusão, a troca entre os tipos de caldeiras foi viável, apresentando resultados satisfatórios, do ponto de vista econômico e ambiental.
Palavras chave: Biomassa, Combustíveis Fósseis, Caldeiras.

Boiler replacement viability according to the use of different fuel types

Abstract:

The environmental issue has been a major concern of businesses in today's world, in particular industries. This is due to pressures coming from governments, society and especially the own economic market, where be became sustainable competitiveness item and therefore survival. In view of this, this paper aims to present the economic and environmental advantages of using biomass to replace fossil fuels in boilers systems, through a case study in an industry in southern Minas Gerais. The results were studied replacing boilers used BPF oil as fuel, by another that used biomass. In conclusion, the replacement between the types of boilers was feasible with satisfactory economic and environmental results.
Keywords: Biomass, Boilers, Fossil fuels.

1. Introdução

O relatório emitido pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), em 27 de setembro de 2013, traz informações de que, a concentração de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera aumentou 40% desde a era pré-industrial em razão das emissões oriundas da queima de combustíveis fósseis (NETTO, 2013).

Tendo em vista que o principal gás responsável pelo efeito estufa e, consequentemente pelo aquecimento global, é o CO_2, e que, a queima de combustíveis fósseis é a principal fonte de produção deste gás, surge a necessidade de buscar fontes alternativas de energia, ou seja, utilização de combustíveis mais limpos e renováveis.

Diante desse contexto, a preocupação com o meio ambiente é cada vez maior no setor industrial. As empresas vêm buscando diminuir índices de agressão ao ambiente e economia de recursos, para tanto, é necessário elaborar novas estratégias que combine crescimento econômico, desenvolvimento social e preservação ambiental.

As caldeiras, muito utilizadas nas indústrias para a produção de vapor são grandes fontes poluidoras, principalmente aquelas movidas a combustíveis fósseis, pois, ao queimar tais combustíveis, liberam gases e partículas na atmosfera. Tendo em vista esta grande fonte poluidora que é a Caldeira, uma indústria do Sul de Minas Gerais, que utiliza vapor em grande parte de seus processos, buscou uma maneira de reduzir suas emissões de CO_2 na atmosfera, através do projeto de substituição de matriz energética.

Diante destas questões, o problema a ser abordado por este trabalho é a redução das emissões de CO_2 provocadas pela queima de combustíveis fósseis em caldeiras e, ao mesmo tempo reduzir custos.

2. Industrialização *versus* uso de combustíveis fósseis

Segundo Pereira (2014), a Revolução Industrial provocou transformações em diversas áreas, sobretudo na economia, na tecnologia, na sociedade e no meio ambiente. Uma dessas transformações foi com relação ao uso intenso da energia proveniente da queima de combustíveis fósseis. Com o advento da máquina a vapor, o carvão mineral passou a ser o principal combustível utilizado na época. Posteriormente, derivados do petróleo passaram a ser utilizados como fonte energética para iluminação através de sua combustão em lampiões e, um pouco mais adiante, como combustíveis em motores a combustão, juntamente com o gás natural. O uso destes combustíveis foi se diversificando juntamente com o processo de industrialização.

Para Seiffert (2009) *apud* Silva Junior (2011), o uso desequilibrado dos recursos naturais não renováveis durante a Revolução Industrial, contribuiu, por um lado, para o aumento da qualidade de vida e dos padrões de consumo, mas por outro, intensificou a poluição e provocou o aumento das emissões de gases de efeito estufa, os principais vilões do aquecimento global. Com isso, pode-se dizer que a Revolução Industrial, teve grande influência no desencadeamento da crise ambiental vivida nos dias atuais.

Pearce (2002) *apud* Meneguello e Castro (2007) também afirma que a queima dos combustíveis fósseis teve grande aumento após a Revolução Industrial, se intensificando ainda mais após a década de 1970, o que resultou em um aumento significativo na concentração de dióxido de carbono na atmosfera. Segundo ele, este aumento na concentração de CO_2, juntamente com outros gases tem intensificado o fenômeno do efeito estufa.

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2007) três objetivos devem ser alcançados para levar a um desenvolvimento energético sustentável:

• Acessibilidade: Há que se considerar a necessidade não somente a quantidade de energia a ser disponibilizada, mas em quais regiões existem maior demanda, ofertando assim o acesso aqueles economicamente menos favorecidos.

• Disponibilidade: as atuais reservas energéticas disponíveis são relativamente modestas e estão cada vez mais baixas havendo a necessidade de complexas políticas energéticas, haja visto que o setor depende também de investimentos privados. Espera alcançar tais objetivos optando-se prioritariamente por opções renováveis.

• Aceitabilidade: ações necessárias com a capacidade de proporcionar ganhos significativos frente aos grandes desafios, exigindo grande ação do poder público alocando bens e recursos para que possa ser possível a inserção da variável socioambiental no processo decisório na formulação de políticas públicas neste sentido.

2.1. Sustentabilidade e ecoeficiência

Para Noro *et al*. (2012), atualmente muitas empresas estão buscando uma maneira de serem de fato sustentáveis, e, para tanto, é essencial que as mesmas busquem a ecoeficiência em todas as suas ações, decisões e, inclusive, em todos os seus processos produtivos. Ser ecoeficiente, segundo Zambon e Ricco (2011), é oferecer bens e serviços que satisfaçam as necessidades, gerando impactos ecológicos mínimos e capazes de serem absorvidos pela natureza.

Conforme afirmado pelo Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (2007) *apud* Sisinno e Moreira (2007), a ecoeficiência é obtida perante o fornecimento de bens e serviços a preços competitivos, que satisfaçam as necessidades humanas; proporcionem qualidade de vida; reduzam progressivamente, ao longo do ciclo de vida, o impacto ambiental e o consumo de recursos, até um nível que seja, no mínimo, equivalente à capacidade estimada da Terra.

Segundo Sisinno e Moreira (2007) são consideradas empresas ecoeficientes aquelas que conseguem obter benefícios econômicos ao mesmo tempo em que alcançam benefícios ambientais por meio da redução de emissões atmosféricas, efluentes líquidos, resíduos sólidos, entre outros.

Na concepção de Zambon e Ricco (2011), empresas ecoeficientes não passarão a existir num simples piscar de olhos. Afinal, uma nova postura voltada para a conservação ambiental exige, sobretudo, mudança, além ainda de muito esforço e inovação. Pressupõe-se que este novo cenário de ecoeficiência se torne, em breve, condição essencial para que as empresas sobrevivam no mercado. Para tal, é necessário quebrar paradigmas e procurar novas estratégias empresariais, que combine crescimento econômico com desenvolvimento social e preservação ambiental (ZAMBON; RICCO, 2011; SANDY, 2014).

Segundo Noro *et al*. (2012), a questão ambiental tem sido utilizada por muitas empresas como estratégia norteadora de seus negócios. Pois, ao reduzir os impactos ambientais de suas atividades e tornar seus processos os mais ecologicamente corretos possíveis, além de obter melhorias nos seus resultados e contribuir para a sustentabilidade, a empresa ainda ganha credibilidade diante da sociedade, melhorando sua imagem organizacional.

3. Caldeiras

3.1. Conceituação

Segundo a Norma Regulamentadora 13 (NR-13:2008) “Caldeiras a vapor são equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia”. Para Macintyre (2012), caldeiras são equipamentos cuja função é alterar o estado da água, do líquido para o vapor, para ser utilizado em aquecimento, processos industriais, esterilização, acionamento de máquinas motrizes, entre outros.

3.2. Classificação

Segundo a NR-13:2008, as caldeiras são classificadas em três categorias, são elas:

• Caldeiras da categoria A, cuja pressão de operação é igual ou superior a 1960 kPa (19,98 kgf/cm²);
• Caldeiras da categoria "C", cuja pressão de operação é igual ou inferior a 588 kPa (5,99 kgf/cm²) e o volume interno é igual ou inferior a 100 litros;
• Caldeiras da categoria "B", que não se enquadram nas categorias anteriores.

As caldeiras, segundo Macintyre (2012), também podem ser classificadas conforme o modo de transferência de calor para vaporizar a água, podendo ser: flamotubuladores ou aquatubulares. Nas caldeiras flamotubulares os gases quentes da combustão circulam no interior de tubos envoltos pela água a ser evaporada. Esses gases podem passar uma, duas ou até três vezes pelos tubos aquecedores.
Nas caldeiras aquatubulares o aquecimento ocorre externamente a um feixe de tubos contendo água e em comunicação com um ou mais reservatórios (tambores). Em geral são fabricadas para grandes produções de vapor, podendo produzir 50000 kgf/h ou valores até bem maiores (MACINTYRE, 2012).

3.3. Combustíveis

São muitas as opções de combustíveis que podem ser utilizados em caldeira, entre eles estão: gás natural, gás liquefeito de petróleo (GPL), óleos pesados como os de baixo ponto de fluidez (BPF) e biomassas.
Os óleos BPF's são aqueles produzidos a partir de frações pesadas resultante do processo de craqueamento do petróleo. Eles são constituídos de hidrocarbonetos e possuem uma elevada massa molecular, representados pela família das parafinas, naftênicos e aromáticos (MUTIRÃO PETRÓLEO, 2014).
Entre as biomassas há ainda uma grande variedade de tipos: lenha em tora, bagaço de cana de açúcar, cavaco de madeira, briquetes e pellets de vários tipos de resíduos, entre outros. Para Lippel (2014), os cavacos de madeira são pequenos pedaços de madeira oriundos da picagem ou destroçamento, com um comprimento variável entre 5 e 50 mm. A qualidade do cavaco depende da matéria-prima e da tecnologia utilizada na sua produção.

3.4. Biomassa

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANAEEL) (2014), biomassa é todo recurso renovável proveniente de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser aproveitada na produção de energia. A substituição do uso de combustíveis fósseis por energias alternativas renováveis tem sido interesse de muitos países, desenvolvidos ou não. Segundo Rosillo-Calle *et al*. (2005) isso ocorre, sobretudo, pelas preocupações com as mudanças climáticas, e também em virtude dos choques no preço do petróleo ocorridos na década de 1970. Para Cortez *et al*. (2008), a motivação para essa mudança de postura se deve, principalmente, pela necessidade de reduzir a dependência energética em relação aos países exportadores de petróleo. Na percepção dos autores, a biomassa apresenta-se como uma ótima alternativa em substituição aos combustíveis fósseis, uma vez que, ela enquadra-se perfeitamente no conceito do desenvolvimento sustentável, pois além de propiciar a criação de empregos, dinamizar as atividades econômicas, reduzir custos relacionados à distribuição de energia, se utilizada de modo sustentável, pode apresentar nulas as emissões de carbono, não causando impactos no meio-ambiente.
Uma das principais vantagens da biomassa é que, embora de eficiência reduzida, seu aproveitamento pode ser feito diretamente, por intermédio da combustão em fornos, caldeiras, etc. A fim de aumentar a eficiência do processo e reduzir os impactos socioambientais, novas

tecnologias estão sendo desenvolvidas, como por exemplo, a gaseificação e a pirólise (ANEEL, 2014).

4. Materiais e métodos

O projeto estudado neste trabalho, teve como objetivo a substituição de três caldeiras alimentadas a petróleo de baixa influência (óleo BPF) por uma caldeira alimentada por biomassa (cavaco de eucalipto), em uma indústria no sul de Minas Gerais.

Antes de realizar a substituição das caldeiras foi realizado um estudo exploratório, buscando todas as informações necessárias para análise de viabilidade do projeto, levando em conta os diferentes aspectos relativos aos combustíveis, como: custos, emissões atmosféricas, agressão ao meio ambiente e produção de energia.

Em primeira instância foram avaliadas as principais características técnicas das caldeiras de óleo BPF e da caldeira de biomassa (Tabela 1).

Características	**Caldeira 1**	**Caldeira 2**	**Caldeira 3**	**Caldeira 3**
Fabricante	ATA	ATA	Steammaster	HBremer
Modelo	MP-813	MP-812	-	HBFR-4
Combustível	BPF	BPF	BPF	Biomassa
Capacidade (t/h)	10	8,5	15	20
Ano de Fabricação	1979	1987	2008	2011
Temperatura de água de Alimentação (90 ºC)	90	90	90	90
Pressão Máxima de Trabalho Admitida (kgf/cm²)	12	12	12	12
Tipo	Flamotubular	Flamotubular	Flamotubular	Mista (fornalha aquatubular e gerador flamotubular)

Fonte: Ramos (2014)

Tabela 1 – Características técnicas das caldeiras de óleo BPF

Os combustíveis utilizados neste estudo foram o óleo BPF e a biomassa (cavaco de eucalipto). O estudo do custo, disponibilidade e eficiência energética destes combustíveis foi a base para a análise de viabilidade do projeto.

O preço do óleo BPF foi extraído das contas pagas pela empresa no ano de 2010, e não sofreu grandes alterações durante este período. O preço do cavaco, utilizado nos cálculos, é a média dos preços praticados pelos fornecedores da região.

Foram levantados os dados referentes ao consumo médio de vapor da fábrica durante um ano, com base nas medições da água de alimentação da caldeira, considerando uma razão de 1:1 entre o volume de água que entra na caldeira e o volume de vapor que sai da mesma.

Para cálculo das emissões de gases na atmosfera a empresa utilizou a metodologia GHG *Protocol*. O GHG *Protocol* é uma ferramenta com o objetivo de entender, quantificar e gerenciar emissões de gases de efeito estufa.

4.1. Cálculo do consumo dos combustíveis

Para cálculo dos consumos de combustíveis realizou-se o balanço de massa (Equação 1) e os dados da Tabela 2.

$$Q_c = \frac{Q_v.(h_v - h_a)}{\eta.PCI} \quad (1)$$

Em que:
Q_c = quantidade de combustível (óleo BPF ou cavaco de eucalipto), kg
Q_v = quantidade de vapor, kg
h_v = entalpia do vapor em função da pressão e temperatura, kcal/kg
h_a = entalpia da água em função da temperatura, kcal/kg
η = rendimento (%)
PCI = Poder Calorífico Inferior, kcal/kg

Características	**Valores**
Regime de operação da caldeira (horas/dia)	24
Quantidade de Vapor (kg/h)	11030
Temperatura do Vapor (ºC)	183,2
Pressão de Vapor (kgf/cm²)	9
Temperatura de Água de Alimentação (ºC)	90
Entalpia do Vapor (kcal/kg)	664,1
Entalpia da Água a 90 ºC (kcal/kg)	90,02
Rendimento da Caldeira de óleo BPF (%)	86,17
Rendimento da Caldeira de biomassa (%)	85,72
PCI do óleo BPF (kcal/kg)	9750
PCI do cavaco de eucalipto (kcal/kg)	2600
Umidade do cavaco de eucalipto (%)	35

Fonte: Ramos (2014)

Tabela 2 - Dados utilizados para cálculo do consumo de combustível

5. Resultados e Discussão

O projeto foi impulsionado pelo aumento da demanda de vapor da fábrica e, ao mesmo tempo, pela necessidade de se eliminar as caldeiras mais antigas (uma delas com vida útil de 30 anos), que, além de terem reduzido em muito seu desempenho, acabavam por contribuir com o aumento das emissões de poluentes, além de apresentarem um maior risco de segurança. Porém, mesmo com a instalação de uma nova caldeira, as três caldeiras antigas permaneceram instaladas, para serem utilizadas como *backup*, principalmente durante paradas para manutenção da Caldeira à biomassa.

A empresa optou pela utilização da biomassa, uma vez que a mesma demonstrou ser uma opção viável economicamente e a empresa trocaria uma matriz energética insustentável baseada na utilização de combustíveis fósseis por uma sustentável, tendo significativos ganhos ambientais. Na região de instalação da empresa foi constatada uma lista com 21 possíveis fornecedores de biomassa, na qual constava, entre diversos fatores: tipo de biomassa, local onde se encontra, quantidade disponível, qualidade e preço. O bagaço de cana de açúcar foi uma opção descartada devido, sobretudo, à inconsistência do setor sucroalcooleiro e também por gerar grande volume de fuligens durante sua queima, necessitando de um avançado sistema de filtragem.

Entre as biomassas da madeira, a lenha em tora também se mostrou inviável do ponto de vista operacional, pois além de exigir uma grande quantidade de mão de obra, demanda um trabalho brutal com grande risco de acidentes. Sem falar da grande quantidade de pragas, cobra e escorpião que podem ser encontradas na lenha. Diante das pesquisas realizadas concluiu-se que,

a alternativa mais viável seria a utilização de cavacos de madeira de reflorestamentos e resíduos industriais, devido a seu menor custo, facilidade de operação e disponibilidade.

Tal disponibilidade é confirmada por Neutzling e Palmeira (2007), que asseguram que, o país possui, hoje, vários estados produtores de madeira, tendo como destaque o estado de Minas Gerais, maior produtor individual, no que diz respeito às florestas plantadas. Ainda com relação à disponibilidade da madeira, segundo informações da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2006), o estado de Minas Gerais possui a maior área individual com florestas plantadas, compreendendo 1.216.744 hectares (sendo 13% com pinus e 87% com eucaliptos).

Depois de decidido o tipo de biomassa, iniciou-se uma pesquisa junto aos fornecedores de caldeira, buscando as melhores alternativas e modelos que atendessem todas as necessidades do projeto em questão. Para tanto, foram levantados todos os custos necessários, bem como, o consumo de combustível para a nova opção, informação esta extremamente relevante para o cálculo de viabilidade do projeto.

A partir dos dados da empresa, referente à produção de vapor em 2010, calculou-se a produção média de vapor por hora, cujo resultado foi de 11030 kg/h. Com base neste valor, foram calculados os valores de produção por dia, mês e ano, considerando os seguintes fatores: 24 horas por dia, 30 dias no mês e 7920 horas no ano. Utilizando a Equação 1 calculou-se a quantidade necessária de cavaco de eucalipto (2841,14 kg) e óleo BPF (753,68 kg) para produzir 11030 kg de vapor por hora, considerando as caraterísticas apresentadas na Tabela 2.

Os preços por tonelada de combustível no ano de 2010 eram de R$ 1002,00 e R$ 143,50, para o óleo BPF e para o cavaco de eucalipto, respectivamente.

A partir do estudo comparativo entre os combustíveis chegou-se a uma economia de R$2.752.071,46, o que corresponde a uma redução de aproximadamente 46% em relação aos custos com óleo BPF registrados em 2010.

A partir do estudo comparativo entre os combustíveis, considerando os preços de 2014, verificou-se que a substituição do óleo BPF por cavaco de eucalipto resultou em uma economia de R$6.222.858,92, o que corresponde a uma redução de aproximadamente 64% nos custos com combustíveis. A economia de combustível no decorrer dos anos tem demonstrado a eficiência e eficácia do projeto, dentro de sua viabilidade econômica e ambiental já verificada em 2010 na troca dos combustíveis da caldeira.

6. Considerações finais

O estudo referente à substituição das caldeiras de óleo BPF por uma de cavaco de madeira resulta em grandes benefícios à empresa, tanto no âmbito econômico, quanto no ambiental. No âmbito econômico, percebeu-se que a empresa conseguiu uma redução de custos superior a 40% no valor do combustível, considerando os preços de 2010), a redução de custo seria de aproximadamente 64%.

No âmbito ambiental, a redução nas emissões de gases de efeito estufa foi comprovada e registrada através dos inventários de emissões publicados pela empresa. Verificou-se que uma das dificuldades encontradas em projetos de substituição de matriz energética está na seleção entre as fontes renováveis de energia (devido à grande diversidade de opções, sobretudo na geração de vapor).

Tendo em vista a grande preocupação com as questões ambientais, principalmente ao que se refere às alterações do clima, cuja uma das principais causas é a queima de combustíveis fósseis pelas indústrias, conclui-se que projetos como o apresentado neste trabalho, que objetivam a substituição de uma matriz energética não renovável por uma renovável, são uma boa estratégia para as empresas que buscam uma melhor posição no mercado, pois, além de trazerem benefícios econômicos e ambientais, melhoram a imagem da empresa com relação à sustentabilidade, tema este de fundamental importância para a competitividade das empresas.

Referências

ANAEEL. *Biomassa*. ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa(2).pdf>. Acesso em: 01 jun. 2014.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. *Biomassa para energia***.** Campinas: Editora da UNICAMP, 2008.

IPCC. *Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. **IPCC***. Set.2013. Disponível em:<http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/portuguese/ar4-wg1-spm.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2014.

LIPPEL. *Cavacos de madeira. Lippel*. Disponível em:<http://www.lippel.com.br/br/sustentabilidade/cavacos-de-madeira#.VITJp9LF-Jp>. Acesso em: 25 nov. 2014.

MACINTYRE, A. J. *Equipamentos industriais e de processo.* Rio de Janeiro: LTC, 2012.

MENEGUELLO, L. A.; CASTRO, M. C. A. A. *O Protocolo de Kyoto e a geração de energia elétrica pela biomassa da cana-de-açúcar como mecanismo de desenvolvimento limpo.* **Revista Internacional de Desenvolvimento Local.** v. 8, n.1, p. 33-43, 2007.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Resenha energética 2007*. Brasília, 2007.

MUTIRÃO PETRÓLEO. *BPF-A1.Mutirão Petróleo.* Disponível em: <http://www.mutiraopetroleo.com.br/produtos_bpf_a1.php>. Acesso em: 25 nov. 2014.

NETTO, A. *Concentração de dióxido de carbono no ar bate recorde de 800 mil anos. **Estadão***. 28 set. 2013. Disponível em: <http://saopaulo.estadao.com.br/noticias/geral,concentracao-de-dioxido-de-carbono-no-ar-baterecorde-de-800-mil-anos-imp-,1079653>. Acesso em: 4 mai. 2014.

NORO, G. B. *et al.* A ecoeficiência e a gestão sustentável: um estudo de caso. In: IX SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA. Alagoas, 2012. Disponível em: http://www.aedb.br/seget/artigos12/981662.pdf>. Acesso em: 4 mai. 2014.

NEUTZLING, F.C.; PALMEIRA, E. M. *A competitividade das exportações brasileiras de cavaco de madeira. In: Observatorio de la Economía Latinoamericana*, Número 77, 2007. Disponível em: http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/07/nmp.htm>. Acesso em: 07 dez. 2014.

NR13. NORMA REGULAMENTADORA 13 DO MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. *Manual técnico de caldeiras e vasos de pressão*. 2008. Disponível em: <http://www.mte.gov.br>. Acesso em: 01 jun. 2014.

PEREIRA, A. S. *Mudança climática e energias renováveis.* Com ciência**.** Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima12.htm>. Acesso em: 25 mai. 2014.

RAMOS, L. C. C. *Estudo do custo-benefício para substituição de óleo BPF por biomassa de madeira em caldeiras a partir de dados de indústria alimentícia de Poços de Caldas.* 2015. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção), Faculdade Pitágoras, Campus Poços de Caldas, Poços de Caldas, 2014.

ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H. *Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira.* Campinas: Editora da UNICAMP, 2005.

SANDY, A. M. *Análise da viabilidade do mercado de créditos de carbono como contribuição para a eficiência energética no Brasil. 98 f. 2015*. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção), Faculdade Pitágoras, Campus Poços de Caldas, Poços de Caldas, 2015.

SILVA JUNIOR, A. C. *Projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL): promotores de transferência de tecnologia e tecnologias mais limpas no Brasil.* 2011. 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) - PEI, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

SISINNO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. *Ecoeficiência: um instrumento para a redução da geração de resíduos e desperdícios em estabelecimentos de saúde.* Cad. Saúde Pública, v. 21, n. 6, p. 1893-1900, 2007

ZAMBON, B. P.; RICCO, A. S. *Sustentabilidade empresarial: uma oportunidade para novos negócios.* 2011. Disponível em: <http://amauridomakoski.com.br/tegf_6.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2014.