

Sistema de cogeração de energia: O caso de uma indústria cerâmica

Viviani do Nascimento Souza Melotti

Graduanda, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
vnsmelotti@gmail.com

Gabriel Rigotti Alves de Deus

Graduando, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
gabriel_rigotti@hotmail.com

Aline Silva Sauer

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
alinesisa@hotmail.com

Fabricia Delfino Rembiski

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
frembiski@gmail.com

RESUMO: As crises energéticas, em nível mundial que ocorreram ao longo da história, levaram ao investimento em pesquisas que buscam a diversificação da matriz energética. O Brasil, pioneiro no uso de usinas hidrelétricas, adotou essa como principal fonte geradora de energia elétrica. Porém, após recentes crises hídricas, notou-se como este fato interfere diretamente no setor industrial e, conseqüentemente, na economia nacional. Nas indústrias, verifica-se a necessidade de melhoria nos processos produtivos, de redução de custos e da busca pela sustentabilidade, para aumentar a competitividade no mercado. Entretanto, aliado ao desenvolvimento industrial, existe o aumento da demanda de energia elétrica. Assim, as fontes alternativas de geração de energia vêm sendo uma das possíveis soluções para este problema. Após o início da operação do gasoduto Brasil-Bolívia no ano 2000, o gás natural, usado para fins de cogeração, tem se apresentado como uma alternativa as indústrias brasileiras. Portanto, o objetivo deste trabalho é estudar a eficiência e a viabilidade de um sistema de cogeração de energia com turbina a gás natural, implantado em uma indústria cerâmica no Espírito Santo (Brasil). Para o desenvolvimento deste estudo foram realizadas revisão bibliográfica, entrevista, levantamento e análise de dados. Como resultados, nota-se a viabilidade deste sistema, tendo em vista a disponibilidade de gás natural no local, a redução do consumo de energia elétrica com o reaproveitamento da energia térmica e a redução da dependência energética da concessionária local.

Palavras-chave Cogeração, Fontes alternativas, Indústria cerâmica, Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Na década de 70, com a crise do petróleo, houve um consenso global sobre a necessidade da geração de energia a partir de outras fontes, visto a alta no valor do petróleo e a incerteza de fornecimento de seus derivados. Neste momento, muitos países investiram em pesquisas que contribuíram para redução da dependência deste combustível. Nesse contexto, o Brasil começou a investir em fontes alternativas ao petróleo, sendo um dos pioneiros na implantação de hidrelétricas, fonte responsável por cerca de 65% da energia gerada no país, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL (2015).

Este modelo de produção de energia funcionou satisfatoriamente até o ano de 2001, quando, devido ao período de seca prolongada, o Brasil passou por uma crise energética, com racionamento de 20% do consumo de energia elétrica, o que promoveu várias mudanças no setor energético (Oliveira, 2014). Em 2015, ocorreu novamente um longo período de seca, aumentando o uso das usinas termelétricas e a elevação da tarifa de energia. Mendes & Pinto (2011, p. 8) afirmam que “a reforma realizada na indústria de eletricidade brasileira não foi suficiente, porém, para definir um ambiente institucional disciplinado [...]”, o que tornou “[...] o ambiente de geração e comercialização de energia elétrica complexo, encarecendo os custos envolvidos nos processos [...]”. Além disso, existem lacunas no setor, como a confiabilidade do suprimento e o cálculo das tarifas.

Neste contexto, grandes indústrias optam pela cogeração, fonte de energia alternativa criada no final do século XIX e definida como “[...] processo de produção combinada de energia elétrica e térmica, destinando-se ambas a consumo próprio ou de terceiros, com respeito pelas condições previstas em lei [...]” (Brasil, 2005, p. 3). O setor industrial precisa ter uma fonte de energia competitiva e com garantia de continuidade de fornecimento (Mendes & Pinto, 2011). Assim, após o início da operação do gasoduto Brasil-Bolívia em 2000, o gás natural tem sido uma alternativa às indústrias brasileiras (Tavares, 2006).

Desta forma, após estudos de viabilidade, uma indústria cerâmica de grande porte, situada no Espírito Santo (Brasil), construiu sua própria usina de cogeração de energia a partir do gás natural. Em 2008, implantou a primeira turbina e em 2014 ampliou o sistema com uma segunda turbina de cogeração, tornando-se praticamente independente da concessionária local de energia elétrica (Cavalcanti, 2016).

Sendo assim, o presente trabalho visa estudar a eficiência e a viabilidade do sistema de cogeração de energia com turbina a gás natural, implantado nesta indústria cerâmica, considerando os aspectos técnicos, ambientais e econômicos. Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas revisão bibliográfica, entrevista com o gerente do setor responsável pela implantação da planta de cogeração, levantamento e análise de dados.

2. TIPOS DE ENERGIA ALTERNATIVA NO BRASIL

De acordo com Campanha (1999), energia alternativa é aquela que apresenta uma fonte distinta das fontes tradicionais, sendo que existem diversos tipos como: eólica, solar fotovoltaica, cogeração, entre outras. A energia eólica é produzida por um sistema de aerogeradores, através dos ventos, já a energia solar fotovoltaica é resultado da conversão direta da radiação solar em eletricidade, sendo caracterizada pela diferença de potencial

que ocorre nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da radiação (Moreira Júnior 2009, Lopez 2012).

O uso das fontes de energia eólica e solar possui vantagens, por serem fontes de energia limpas e isentas de gases poluentes, renováveis, além de disponibilidade em todo território nacional produzindo menor impacto ambiental. Entretanto, há a variação da produção de energia em função dos fatores climáticos, além de requerem para sua implantação, alto investimento e a uma vasta área, fato que leva grandes indústrias, que visam retorno econômico em médio prazo, a optarem por sistemas de cogeração.

A cogeração é a produção combinada de energia térmica e elétrica, calor de processo e potência elétrica, a partir da energia disponibilizada por um ou mais combustíveis, como óleo, gás natural, biomassa, gás propano ou resíduos industriais, entretanto o gás natural é o combustível que possui maior rendimento (Cardoso 2011, ANEEL 2015). A queima de combustíveis fósseis, nas usinas termelétricas convencionais, possui uma eficiência térmica entre 30 e 40% (Fig. 1), na cogeração, a energia que seria perdida em forma de calor é aproveitada, possibilitando que a eficiência de até 85% (Ferrão & Weber, 2001).

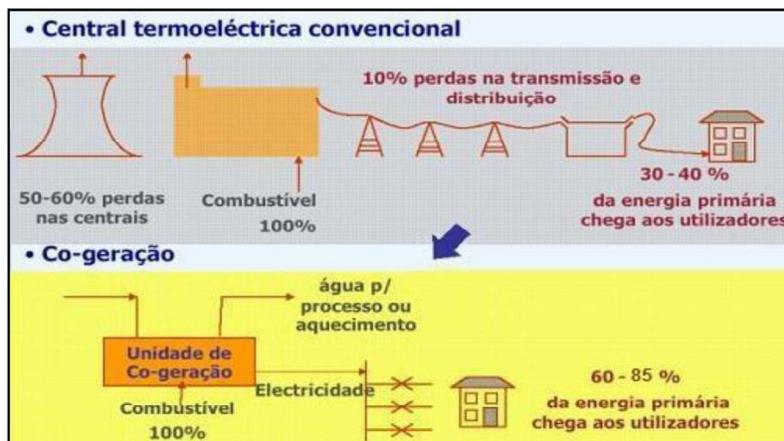


Figura 1. Comparação da Eficiência da Cogeração e Termelétricas Convencionais. Fonte: Sá, 2011.

De acordo com Santos (2010), a cogeração pode ser classificada em dois tipos: *topping* ou *bottoming*. No sistema *topping*, inicialmente é gerado a energia mecânica que aciona um turbogerador (TG), gerando assim a energia elétrica e, posteriormente, a energia térmica advinda dos gases de combustão. No ciclo *bottoming*, ocorre o inverso, primeiro gera-se energia térmica com a queima do combustível e os gases gerados na combustão são utilizados para geração de energia elétrica através de uma turbina a vapor.

No sistema *bottoming*, o calor rejeitado pelos processos industriais apresenta baixa temperatura para produção de energia mecânica, o que leva a menor eficiência quanto a produção de energia elétrica quando comparada ao sistema tipo *topping*, que trabalha com temperaturas mais elevadas obtidas da queima direta de combustíveis. Neste sistema, o rejeito da geração elétrica é aproveitado como calor, que pode usado como uma fonte de energia para equipamentos secadores, principalmente em indústrias cerâmicas, apresentando alta eficiência também no uso da energia térmica.

Para Schechtman (2012), a implantação de uma planta de cogeração numa indústria tem vantagens como: redução do custo com energia; geração de receita através da venda do excedente de energia produzida; maior confiabilidade no fornecimento de energia; redução

da emissão de gases poluentes e maior eficiência energética em relação aos sistemas convencionais. Todavia, o crescimento desta atividade possui algumas dificuldades, visto que há a necessidade de disponibilidade de gás natural próximo ao local e o processo produtivo deve ser próximo à planta de cogeração, para aproveitamento da energia térmica gerada. Além disso, a burocracia, a legislação e a falta de incentivo governamental, também, criam dificuldades no processo de implantação desse sistema.

3. COGERAÇÃO DE ENERGIA EM INDÚSTRIAS

De acordo com Santos (2014), as duas formas mais utilizadas para geração de energia através da cogeração são: turbinas a vapor e turbinas a gás. Entretanto, Dantas *et al.* (2003) afirmam que, com as incertezas na geração e na transmissão de energia elétrica no Brasil, a utilização dos sistemas de cogeração com uso de gás natural, considerando a extensão da sua rede de distribuição, tornou-se uma grande oportunidade econômica, estratégica e tecnológica, principalmente para empresas de médio e grande porte.

As turbinas a vapor são equipamentos que convertem energia térmica em forma de vapor em energia mecânica com a queima de combustíveis como biomassa, óleo diesel, madeira, entre outros, apresentando como vantagem a possibilidade da utilização de qualquer tipo de combustível. Este tipo de sistema possui maior aplicação nos sistemas *bottoming* (Fig. 2) ou em ciclo combinado. O processo nessas turbinas acontece da seguinte forma: o ciclo é iniciado com a pressurização de um fluido, normalmente a água, levando este da caldeira para o gerador de vapor. Nesta fase ocorre a queima do combustível liberando energia térmica que é transferida para o fluido. O vapor expande-se no interior da turbina, fazendo com que a energia de pressão seja transformada em energia cinética, que é transferida as palhetas do rotor fazendo com que ele gire e a transforme em energia elétrica. Após isto, o vapor é retirado da turbina, condensado e o ciclo se repete (Barja, 2006).

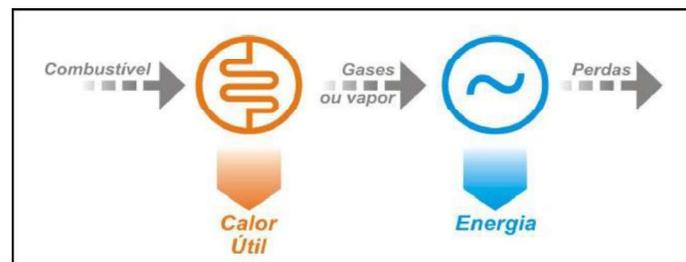


Figura 2. Ciclo tipo *Bottoming*. Fonte: Barja, 2006.

Já o sistema de turbinas a gás (Fig. 3), o mais utilizado quando se trata de cogeração de energia, é composto basicamente por compressor, câmara de combustão e turbina de expansão. Este sistema trabalha em ciclo aberto em que o ar atmosférico é comprimido várias vezes pelo compressor e levado para a câmara de combustão, onde é inserido um combustível e se gera fogo. O vapor proveniente desta combustão expande-se de tal forma que é capaz de converter a energia presente em forma de vapor em energia mecânica, possibilitando que o rotor da turbina gire e produza energia elétrica (Barja, 2006).

Segundo Nogueira *et al.* (2004), este último sistema tem como vantagens o baixo custo de instalação, disponibilidade abundante de combustível (gás natural) no mercado, alta eficiência e baixo custo de manutenção, além de reduzir a emissão de resíduos e gases poluentes, quando comparado à cogeração com outros combustíveis.

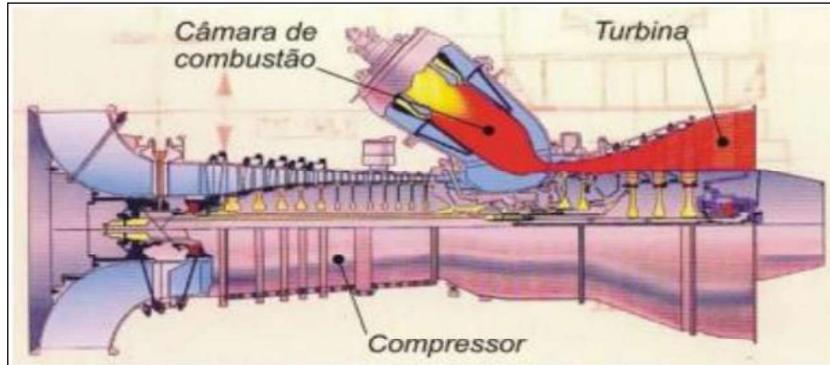


Figura 3. Funcionamento de uma turbina a gás. Fonte: Barja, 2006.

Além disso, os gases gerados pelas turbinas a gás são reaproveitados em alguns processos térmicos como, secadores com automatização e fornos de reaquecimento. Para Brasil (2005), a maior vantagem deste sistema em relação à turbina a vapor, é a necessidade de baixa manutenção, pois o fluído utilizado é limpo e em temperatura não muito elevada. Desta forma, se forem realizadas as manutenções preventivas sua vida útil pode ser ampliada em décadas, tornando-a uma tecnologia mais viável na maioria das situações.

4. ASPECTOS LEGAIS E REGULATÓRIOS

De acordo com Barja (2006), um projeto de cogeração é principalmente baseado na análise econômica, porém um fator de grande contribuição para a sua viabilidade é a relação de demanda calor *versus* eletricidade. Na maioria dos casos, a planta é dimensionada para atender toda a demanda térmica do processo industrial, em que a produção elétrica resultante do processo de cogeração, pode ser insuficiente ou superior à sua demanda, tornando a planta de cogeração importadora ou exportadora de eletricidade.

Para estes casos, existe na legislação brasileira um sistema regulatório que ampara as três fases que caracterizam o setor: a produção, o transporte e o consumo de energia (Ricardo, 2010). Assim, para gerar energia de forma terceirizada, é necessária a obtenção de registro ou autorização concedida pela ANEEL e o porte da central geradora está relacionado ao tipo de outorga a ser seguida (Barja, 2006).

Neste contexto, centrais com potência elétrica de até 5 MW, devem apenas fazer o registro do empreendimento na ANEEL, apresentando as características básicas do empreendimento e a identificação de seu proprietário (França, 2008). Entretanto, centrais de cogeração com potência superior a 5 MW, necessitam de uma autorização da União, o que traz a obrigação da comprovação tanto da idoneidade do proprietário quanto das condições operativas da central e de sua conexão à rede (Ricardo, 2010).

Para a instalação da central, é necessária ainda a comprovação da capacidade técnica de três condições fundamentais: disponibilidade do combustível; tecnologia que será utilizada e a conexão da planta com a rede a distribuidora. Após estes procedimentos a empresa estará habilitada a instalar a central geradora de energia elétrica (Barja, 2006).

5. ESTUDO DE CASO: COGERAÇÃO EM INDÚSTRIA CERÂMICA

A indústria cerâmica analisada no trabalho foi fundada em 1998 no Espírito Santo (Brasil) e, atualmente, emprega cerca de 800 funcionários diretos. É uma das mais modernas indústrias de porcelanato e cerâmica do mundo produzindo em média 31.000.000m² de revestimentos por ano (Furtado, 2014). Enquadrada como uma empresa de grande porte, pois produz mais de 500.000m²/mês, a empresa produz 100% dos produtos comercializados, voltados para atender o mercado nacional (Cavalcanti, 2016).

A cerâmica de revestimento constitui um segmento da indústria de transformação, de capital intensivo e tem como atividade a produção de pisos e azulejos. De acordo com Abreu (2001), na indústria de cerâmica de revestimento destacam-se dois tipos de processos produtivos, classificados de acordo com o processo de preparação da massa:

- Via seca – Utiliza as seguintes etapas: a) lavra; b) secagem; c) moagem a seco; d) conformação, decoração e queima. As maiores vantagens desse processo são a redução do custo energético e do impacto ambiental;
- Via úmida – Utiliza as seguintes etapas: a) mistura de várias matérias primas, que são moídas e homogeneizadas em moinhos de bola, em meio aquoso; b) secagem e granulação da massa em “*spray dryer*” (atomizador); c) conformação, decoração e queima. A maior vantagem desse processo é não precisar esperar a secagem da argila pelo sol, conseguindo uma massa mais homogênea.

Segundo Alves (2010), no Brasil aproximadamente 70% dos revestimentos cerâmicos fabricados atualmente são produzidos através da tecnologia via seca. Entretanto, a indústria em estudo possui processo de produção via úmida, e é a única no Estado a produzir revestimento cerâmico nesse processo. O processo de produção via úmida, preponderante em países como Itália e Espanha, além de utilizar mais água no processo, consome também de 1,6 m³ a 1,8 m³ gás natural/m² de revestimento cerâmico, contra 0,9 m³/m² no processo por via seca. Mas, apesar de consumir mais combustível, tem como vantagem de permitir a cogeração de energia, ao aproveitar o ar quente das turbinas a gás para alimentar os atomizadores que evaporam a água das matérias-primas, podendo tornar a indústria autossuficiente em eletricidade, resultando em uma economia média de energia de 30% (Furtado, 2014).

Ainda de acordo com Furtado (2014), nesta indústria, foram instalados dois turbogeradores (TG's) a gás de 5,7 MW, para suprir sua demanda de energia. Este sistema foi extremamente benéfico para a competitividade da indústria de porcelanatos e revestimentos cerâmicos. Além da eletricidade gerada por esse sistema, o processo de secagem da massa atomizada, que anteriormente era feita através da queima de gás natural, passou a ser feito pelos gases de escape gerados pelas turbinas, proporcionando assim uma economia no consumo de gás natural.

Através da utilização de gás natural, a indústria produz energia térmica e elétrica, e até o início do ano de 2015, era suficiente para suprir a demanda do parque fabril, comercializando o excedente da produção. No entanto, em função da ampliação de uma de suas linhas de produção e implantação de novos equipamentos para atender a demanda do processo produtivo, a cogeração supre atualmente entorno de 90% da demanda da fábrica, sendo o restante adquiridos da concessionária local (Cavalcanti, 2016).

6. ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO

Para a implantação da planta de cogeração foram realizados estudos de viabilidade econômica e técnica, regulamentação estatal, além da construção de um local específico e adequado para instalação dos turbogeradores. O estudo de viabilidade técnica determinou o sistema de cogeração a ser empregado na indústria, sendo adotado o Ciclo Brayton (turbina a gás), devido à rede de gás natural (GN) que passa em frente à indústria. Já o estudo de viabilidade econômica envolveu os custos do GN e da energia na concessionária local, a venda do excedente de energia elétrica proveniente da turbina e o custo de GN para a turbina gerar energia, como mostra a Tabela 1 (Cavalcanti, 2016).

Tabela 1. Valores de Energia Elétrica (EE) e Gás Natural (GN) em 2015. Fonte: Adaptada Cavalcanti (2016).

GN compra	25,50 R\$/GJ
EE compra mercado local	118,30 R\$/GJ
EE venda excedente	61,10 R\$/GJ
GN para TG gerar em ciclo aberto	85,00 R\$/GJ

A regulamentação estatal foi considerada o maior entrave do projeto, visto que há necessidade de interação com diversos órgãos estatais, sendo eles: Câmara Comercializadora de Energia Elétrica (CCEE), ANEEL e Distribuidora EDP Escelsa. Na ANEEL, foi solicitada a qualificação de Auto Produtor com Excedentes, a fim de obter o desconto da Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição (TUSD) de 50%, ou seja, quem comprar a energia excedente gerada nessa indústria terá um desconto de 50%, o que torna a energia mais atrativa no mercado (Cavalcanti, 2016).

A definição do local para construir a planta de cogeração considerou a localização dos atomizadores de massa úmida, visto que o gás quente produzido pela turbina é direcionado aos mesmos. Além disso, a tubulação que leva esse ar quente deve ter o menor comprimento possível, a fim de evitar perdas durante o trajeto (Cavalcanti, 2016).

Segundo Cavalcanti (2016), após aprovação dos estudos, em outubro de 2008 foi instalada a primeira turbina no parque fabril. A Tabela 2 demonstra o resumo do investimento feito para a implantação do Turbogenerador.

Tabela 2. Resumo do Investimento TG (Valores referentes ao ano de 2007). Fonte: Adaptada Cavalcanti (2016).

Preço Turbogenerador CIF	3.084.619 US\$
Preço Sistema Elétrico	1.000.000 US\$
Gases Quentes (10m + Chaminé)	160.000 US\$
Obra Civil	300.000 US\$
INVESTIMENTO TOTAL	4.544.619 US\$
INVESTIMENTO TOTAL EM REAIS + IMPOSTOS	15.906.168 R\$

Nota: cotação média do dólar considerada no período = R\$ 2,15

Com a instalação deste turbogerador, a fábrica passou a produzir cerca de 58% da energia total consumida/mês, sendo o restante proveniente do mercado de energia. Além do aproveitamento de 60% da energia térmica para evaporação da água da massa no atomizador. Como demonstra a Tabela 3, o projeto foi satisfatório à economia da indústria, proporcionando um retorno de investimento de 4 anos. Com a receita positiva gerada pelo projeto, a indústria pôde investir em novas tecnologias de produção, a fim de aprimorar a qualidade de seus produtos e manter a competitividade no mercado (Cavalcanti, 2016).

Tabela 3. Análise Econômica do Projeto. Fonte: Adaptada Cavalcanti (2016).

Investimento Total	R\$ 15.906.168
Receitas Geradas	R\$ 16.397.436/ano
Despesas Operacionais	R\$ 12.557.054/ano
Economia Anual	R\$ 3.840.382/ano
Financiamento (15 anos/10% _{aaa})	R\$ 1.777.557/ano
Resultado após financiamento	R\$ 2.062.825/ano
TEMPO DE RETORNO SIMPLES = 4 anos	

Devido aos resultados positivos da planta de cogeração, a necessidade de ampliação da fábrica e o valor da energia elétrica no mercado cada vez mais alto, a indústria investiu em novos estudos para implantação de uma segunda planta de cogeração, inaugurada em setembro de 2014. Com a implantação do segundo turbogerador, por um tempo, a fábrica chegou a produzir 100% da energia total consumida, porém, devido às ampliações ocorridas ao longo do ano de 2015, esse percentual passou 90%, sendo o restante importado da concessionária local, como demonstra a Tabela 4 (Cavalcanti, 2016).

Tabela 4. Cogeração após implantação do segundo Turbogenerador. Fonte: Adaptada Cavalcanti (2016).

Demanda da fábrica	12.000 kW
Demanda Gerada TG01 + TG02	10.100 kW
Energia Gerada pelos TG's	7.400 MWh/mês
Energia consumida pela fábrica	7.500 MWh/mês
Energia Importada	100 MWh/mês

A Figura 2 demonstra a localização dos turbogeradores, nomeados de TG-01 e TG-02 respectivamente, em relação aos atomizadores. Observa-se que os gases quentes provenientes do TG-01, utilizados para o processo de secagem da massa úmida, alimentam o atomizador com capacidade de 140 toneladas, e o gases gerados no TG-02 alimentam o atomizador com capacidade de 90 toneladas (Cavalcanti, 2016).

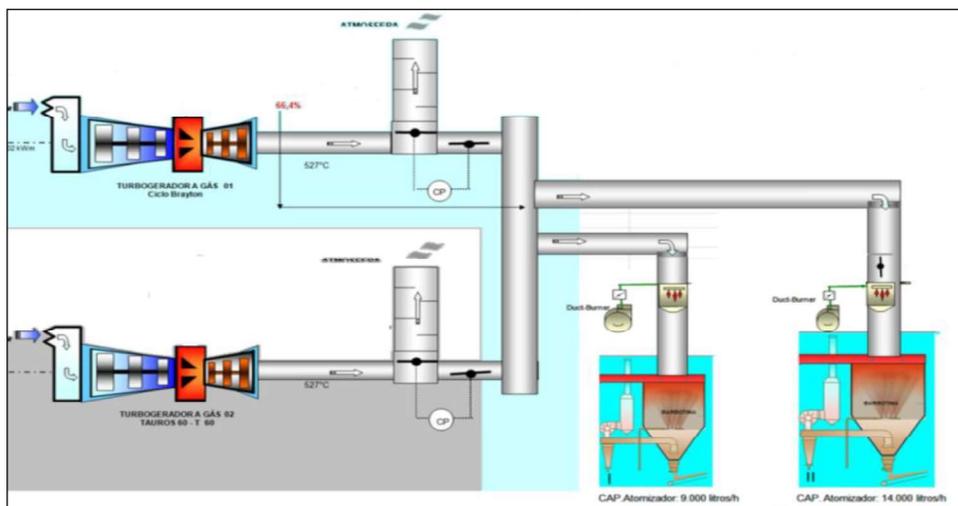


Figura 2. Planta de Cogeração. Fonte: Cavalcanti, 2016.

Cada turbogerador possui uma saída de ar para atmosfera, que é utilizada quando os atomizadores não utilizam toda energia térmica gerada pelas turbinas, então a energia excedente é jogada para a atmosfera.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, observa-se que a cogeração apresenta-se como uma tecnologia de produção combinada entre energia elétrica e energia térmica, que proporciona diversos benefícios e que podem, essencialmente, ser categorizados em econômicos, sociais e ambientais.

Na indústria estudada, a escolha do sistema *topping* de cogeração contribuiu para o sucesso da implantação, tendo em vista que este sistema gera, através do turbogerador à gás (TG), energia elétrica, aproveitando o ar quente das turbinas (energia térmica) para alimentar os atomizadores que evaporam a água das matérias primas, economizando combustível para este fim.

A utilização da energia térmica para secagem da massa úmida é um ponto relevante, visto que antes era necessário utilizar a queima do gás natural para secagem da massa, elevando o custo da produção. Já as turbinas a vapor, sistema *Bottoming*, não seriam tão eficientes neste caso pois o calor rejeitado pelos processos industriais apresenta baixa temperatura para produção de energia mecânica, levando a menor eficiência quanto a produção de energia elétrica quando comparada ao sistema tipo *topping*. Logo, para indústrias de cerâmica que utilizam a massa úmida no processo de produção e possuem uma alta demanda de energia elétrica no parque fabril, a implantação da planta de cogeração no sistema *topping* pode ser muito vantajosa.

Outro fator determinante para a escolha do tipo de turbina a ser implantada foi a presença da tubulação de distribuição de gás natural sob a via em frente à indústria. Além disso, a disponibilidade de um local próximo aos atomizadores para a locação dos turbogeradores também foi de extrema importância, visto a necessidade do máximo aproveitamento da energia térmica gerada, aspecto relevante na implantação da planta de cogeração.

Com a geração combinada de energia elétrica e térmica, depois de implantados os dois turbogeradores, a indústria chegou a ser autossuficiente em energia elétrica por um tempo, porém, devido às ampliações na fábrica, nos dias atuais produz cerca de 90% da energia consumida. Notou-se que, apesar do alto investimento inicial, o retorno financeiro é de aproximadamente quatro anos, o que é extremamente benéfico para a empresa. Além disso, a energia advinda da concessionária muitas vezes apresentava falhas durante a transmissão, gerando transtornos na produção, desligamento de máquinas e, conseqüentemente, prejuízos. Logo, a implantação da planta de cogeração resultou na redução de paradas na linha de produção, redução de gastos com energia, com conseqüente aumento do lucro da empresa, além da utilização de uma energia menos poluente, preservando desta forma o ambiente. Esta economia pôde ser revertida em ações para melhoria da qualidade de vida das pessoas diretamente ligadas às atividades da produção dos revestimentos cerâmicos, bem como para o *marketing* da empresa.

REFERÊNCIAS

- Abreu, Y. V. Estudo Comparativo da Eficiência Energética da Indústria da Cerâmica de Revestimento Via Úmidano Brasil e na Espanha. 2001. 135 f. *Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas*, São Paulo, 2001.
- Agência Nacional De Energia Elétrica. Energia Hidráulica. Brasília: ANEEL. (13 p. – Atlas de Energia Elétrica do Brasil, Parte II – Fontes Renováveis). Disponível em:

- <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf>. Acesso em: 14 de out. 2015.
- Alves, H. J.; Melchhiades F. G.; Brito, H. B. De.; Boschi A. O. *Análise do Consumo de Energia Térmica no Setor Brasileiro de Revestimentos Cerâmicos*. Cerâmica Industrial, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 9-10, julho/ago. 2010.
- Barja, G. de J. A.. A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico. 2006. 157f. *Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Mecânicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2006*.
- Brasil, N. P. Apostila de Cogeração. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: http://www.professores.uff.br/dulcemar/Doc_PDF/Apostila_Cogeracao_Otima.pdf> Acesso em: 18 nov. 2015.
- Campanha, V. *Fontes de Energia*. São Paulo: Harbra, 1999. 48 p.
- Cardoso, T. F. Cogeração de energia através do bagaço de cana-de-açúcar: revisão de literatura. 2011. 22f. *Dissertação (Mestrado em Gestão de Produção Sucoenergética) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2011*.
- Cavalcanti, M. F. di. Cogeração de Energia [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <marcello.cavalcanti@biancogres.com.br> em 03 de abr. 2016.
- Dantas, F.; Guimarães, M.; Morales, M. E.; Henriques, M. Avaliação de modelos de sistemas de cogeração de energia utilizando gás natural para médias e pequenas empresas. In: *2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2003, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2003*.
- Ferrão, P. D. M.; Weber, F. A. Cogeração: Uma abordagem Socioeconômica. In: *XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE), 2001, Rio Grande do Sul. Anais... Rio Grande do Sul, 2001*.
- França, C. S. Viabilidade econômica de um projeto de cogeração via um turbogerador de eletricidade. 2008. 78 f. *Monografia - Departamento de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2008*.
- Furtado, M. *Uma solução para cada cerâmica*. Rio de Janeiro: Editora Brasil Energia, 2014.
- Lopez, R. A. *Energia Solar para produção de eletricidade*. São Paulo: Artliber Editora, 2012.
- Mendes, A. L. S., Pinto, M. de M.. Autoprodução e Produção Independente de Energia Elétrica a partir de Fontes Renováveis no Brasil. In: *VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2011, Vitória. Anais... Vitória, 2011*.
- Moreira Júnior, F. D. Viabilidade técnica/econômica para produção de energia eólica, em grande escala, no Nordeste brasileiro. 2009. 53 f. *Monografia – Programa de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2009*.
- Nogueira, L. A. H.; Carvalho, F. Da R.; TEIXEIRA, F. N. *Disseminação de Informações em Eficiência Energética – Cogeração*. Rio de Janeiro, 2004.
- Oliveira, M.H. da F. Avaliação do consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro: propostas de ações governamentais para o aumento de sua eficiência. 2014. 186f. *Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2014*
- Palz, W. *Energia Solar e fontes alternativas*. Curitiba: Hemus livraria, distribuidora e editora, 2014.
- Ricardo, G. H. P. Uso da biomassa de cana-de-açúcar para geração de energia elétrica. 2010. 45 f. *Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010*.
- SÁ, A. F. R. de. Cogeração: A produção combinada e descentralizada. *O Eletricista*, p. 38. Lisboa (Portugal). 2011.
- Santos, I. F. Simulação de arranjos cogeneradores visando análise energética e viabilidade econômica. 2010. 96f. *Monografia (Mestrado em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de São João Del Rei, Minas Gerais, 2010*.
- Santos, M. I. C. dos. Um modelo para a otimização da cogeração de calor e eletricidade em uma planta industrial. 2014. 98f. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2014*.
- Schechtman, R. Desafios à Cogeração a Gás Natural no Brasil. In: *WORKSHOP ABEGÁS, 2012, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2012*.
- Tavares, P.C.C. Cogeração na expansão: A expansão sob a ótica da cogeração de energia. *Opiniões, Ribeirão Preto (SP)*, p. 30, out/dez. 2006.