

ESTUDO DE CASO: RETROFIT NO PROCESSO DE COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, PARA AUMENTO DA GERAÇÃO DE ENERGIA NO SETOR SUCROENERGÉTICO

Santos, Antonio Carlos Egidio Dos ¹
Pontolio, Walter ²
Abreu, Adriano Bien de²
Monteiro, Jhonathan Everton³
Júnior, Jorge Luiz Barbosa Maciel⁴

RESUMO

Em tempo de escassez de recursos para financiamentos de novas indústrias a atualizações industriais como retrofit é uma grande alternativa para o setor de cogeração de energia. O retrofit fundamenta-se na modernização, recuperação, repotencialização de um equipamento ou um conjunto, em alguns casos a solução é substituição completa por tecnologias de maior eficiência, aumentando a vida útil dos equipamentos, aumentando a confiabilidade e segurança. No atual cenário econômico brasileiro as indústrias principalmente do setor sucroenergéticos buscam alternativas para diminuir seus custos operacionais e maximizar suas receitas e para tornar as operações de retorno de investimentos viáveis as empresas buscam formas de melhorias contínua com baixos investimentos e atualizações de seus processos como o retrofit que tem se mostrado uma excelente alternativa, pois reaproveita grande parte dos equipamentos em operação devido o setor ser um dos mais antigos em atuação na produção industrial brasileira. Será apresentado um estudo de caso em uma planta do setor sucroenergético do interior do estado de São Paulo colhendo dados quantitativos e com sistemas de simulação do sistema de cogeração delimitado entre , turbogerador e gerador, por ser uma planta antiga em funcionamento de atuação no mercado e tecnologia obsoleta tem grande possibilidade de evidenciar que retrofit um processo altamente rentável com um baixo custo de investimento, neste presente trabalho o estudo de caso tem como o objetivo maior demonstrar a eficiência do retrofit com a atualização dos equipamentos proposto e analisando dois cenários um antes e depois do retrofit para evidenciar seus rendimento, principalmente em incremento de renda para empresa em questão, sendo a cogeração mais uma fonte de renda para empresa .O que se procura neste trabalho com análise de dois cenário, é demonstrar a eficiência do antes e depois do retrofit das atualizações do sistema de cogeração, Turbogenerator e gerador para possíveis tomada de decisões, para direcionar qual é a melhor maneira e mais efetiva de investir o capital da empresa com o desenvolvimento de novos negócios em seu portfólios e também sendo de referência para futuros trabalhos acadêmicos pois apresenta uma situação real mesmo que delimitada.

Palavras-chaves: Energia, Cogeração, Retrofit.

ABSTRACT

In times of scarcity of resources for financing new industries and industrial upgrades such as retrofit is an excellent alternative for the energy cogeneration sector. The retrofit consists of the modernization, recovery, re-powering of an equipment or a set, in some cases the solution is a complete replacement for more efficient technologies, increasing the useful life of the equipment, increasing reliability and safety. In the current Brazilian economic scenario, industries mainly in the sugar-energy sector are looking for alternatives to reduce their operating costs and maximize their revenues and to make return on investment operations viable, companies seek ways of continuous improvement with low investments and updates to their processes such as retrofit which has proved to be an excellent alternative, as it reuses most of the

¹ Discente do curso de Engenharia Elétrica da FAIP;

² Docente da FAIP;

³ Engenheiro Elétrico;

⁴ Qúmico e Mestre em Ciência e Tecnologia dos Materiais.

equipment in operation due to the sector being one of the oldest operating in Brazilian industrial production. A case study will be presented in a plant in the sugar-energy sector in the interior of the state of São Paulo, collecting quantitative data and with simulation systems of the cogeneration system delimited between, turbogenerator and generator, as it is an old plant in operation in the market and obsolete technology has a great possibility of showing that retrofit is a highly profitable process with a low investment cost, in this present work the case study has as its main objective to demonstrate the efficiency of retrofit with the update of the proposed equipment and analyzing two scenarios one before and after retrofit to evidence their income, mainly in increasing income for the company in question, cogeneration being another source of income for the company. What is sought in this work with analysis of two scenarios, is to demonstrate the efficiency of before and after the retrofit of cogeneration system updates, turbogenerator and generator for possible decision-making, to guide what is the best and most effective way of investing the company's capital with the development of new businesses in its portfolios and also being a reference for future academic work because it presents a real situation, even if limited.

Keywords: Energy, Cogeneration, *Retrofit*.

INTRODUÇÃO

Em um mundo globalizado, conectado, dinâmico os seres humanos tem uma ligação muito grande com a energia elétrica, hoje a maioria da população se comunica se interagem com dispositivos elétricos e eletrônicos. Por este motivo consumimos mais e mais energia elétrica e como podemos produzir, gerar esta energia. Este é um tema muito debatido e discutido na atualidade no mundo inteiro e que todos os profissionais das engenharias buscam soluções para suprir esta grande demanda de consumo. Como não paramos de consumir cada vez mais nossa demanda tende em aumentar exponencialmente e está curva de consumo e demanda de geração tem que ao menos ser estabilizada.

De forma geral uma solução encontrada para suprir a grande demanda e déficit de energia elétrica das indústrias dos setores secundários de produção é o processo de Cogeração de energia Elétrica, sendo elas empresas privadas ou não, a grande maioria investe em sistemas de cogeração de energia elétrica que combinado com seus processos industriais agrega muito mais valores (FIOMARI, 2004).

Cogeração: processo operado numa instalação específica para fins da produção combinada das utilidades calor e energia mecânica, esta geralmente convertida total ou parcialmente em energia elétrica, a partir da energia disponibilizada por uma fonte primária (ANEEL, 2006, p.1).

Hoje no Brasil a cogeração de energia elétrica principalmente no setor sucroenergético vem se despontando, cada vez mais, pelo grande número de empresas em operação e pelo livre comércio de compra e venda de energia, e já correspondem uma grande fatia nos lucros das empresas no seguimento de cogeração combinada (FIOMARI, 2004).

Como bem nos assegura FILHO (2009), A produção de eletricidade é uma atividade de

grande importância para o desenvolvimento de qualquer economia do mundo. Brasil, em relação a outras nações têm a vantagem de poder planejar sua matriz energética a partir de grandes quantidades de fontes renováveis primárias. Um deles, é biomassa produzida pelo setor sucroalcooleiro para a qual a cogeração pode contribuir importante para o fortalecimento da matriz brasileira.

A cogeração é combinação de energia e calor é uma alternativa de eficiência energética, reduz os custos de energia para os consumidores que também precisam de eletricidade. Além disso a cogeração pode reduzir entre 15% a 30% o consumo da geração primária (ODDONE, 2009).

A cogeração se refere à produção simultânea de duas ou mais formas de energia a partir de um combustível. O processo mais comum é usar gás natural e / ou biomassa para gerar eletricidade e calor (calor ou frio). (COGEN ,2020).

Segundo a União da Indústria de cana de açúcar (ÚNICA,2020), “Aproveitamos apenas 15% do potencial: Se a biomassa existente na lavoura canavieira for totalmente aproveitada, o potencial técnico da Bioeletricidade chegará a 14,6 MIL kWh, que atenderá a mais de 30% do consumo de energia do Sistema Integrado Nacional (SIN)”.

Como citado pela União da Indústria de Cana-de-açúcar-(ÚNICA, 2020), as empresas tem grandes potenciais para aumentar sua demanda de geração de energia , porem um grande problema enfrentado pelos empresários do setor sucroenergético e o alto custo de investimentos inicial que a curto prazo não seria viável pois as grandes empresas do seguimento já tem várias década de atuação e se encontra em situação de sucateamento de grande parte de seus equipamentos pois a cultura do cultivo da cana de açúcar são de longas datas, mas existem uma solução que e além de ser de baixos investimentos obtém-se retorno muito rapidamente o *retrofit* que é um processo de melhoria, modernização em parte do sistema de cogeração já existente.

Na ausência de fundos para financiar novas indústrias (greenfields²), o *retrofit* é uma excelente escolha para a indústria de cogeração de energia. A reforma inclui modernização de equipamentos, conjuntos completos de equipamentos, restauração e realimentação. Em alguns casos, essa solução pode substituir completamente tecnologias por mais eficientes. Esse processo permite a maior produção de potência excedente, que pode chegar a 75 M kW / tonelada de cana (WEG, 2019).

Como é visto o cenário brasileiro do setor sucroenergético de cogeração de energia elétrica se encontra em uma situação de desenvolvimento com grande potencial, mas para suprir seu déficit de consumo e demanda de energia elétrica várias empresas buscam alternativas financeiramente viáveis. Portanto, neste trabalho busca-se reunir informações e demonstrar com um propósito de responder o seguinte problema de pesquisa: **O *retrofit* é a solução para escassez de recursos financeiros no setor sucroenergético brasileiro?**

O que me levou a pesquisa sobre o tema cogeração de energia elétrica no setor sucroenergético é o meio em que eu estou inserido, devido participar e trabalhar no sistema de manutenção e operacional do sistema do setor de cogeração sucroenergético, que também será de suma importância para meu amadurecimento técnico e científico na construção do meu perfil como profissional. E diante da escassez de referências técnicas inserido no contexto do setor sucroenergético brasileiro e a falta de case³, como parâmetros de comparação e fonte de conhecimento do tema que é de suma importância para as áreas acadêmica e científica, nele é possível ver o comportamento em um estudo de caso mesmo em pequena escala do sistema elétrico do tema abordado cogeração, pois ele é submetido a várias variáveis em uma situação real em que nos laboratórios não seria possível, obtendo resultados para análise e para futuros trabalhos acadêmicos.

O que se procura neste trabalho, é demonstrar a eficiência do antes e depois do *retrofit* das atualizações do sistema de cogeração, Turbogenerador e gerador, para possíveis tomada de decisões, para direcionar qual é a melhor maneira e mais efetiva de investir o capital da empresa com o desenvolvimento de novos negócios em seus portfólios.

MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de demonstrar a eficiência do *retrofit* será feito um estudo de caso em uma planta do setor sucroenergético no interior do estado de São Paulo que será delimitado em dois equipamentos no sistema de cogeração Turbogenerador e gerador, pois o sistema de cogeração é bem complexo tendo alimentação por caldeiras e controle de processo a delimitação entre estes dois equipamentos tem objetivo de obter dados relevantes e concretos e por estar enquadrado no contexto brasileiro da maioria das empresas do setor por estar a vários anos no mercado de produção industrial, sem um avanço tecnológico considerável podendo ser de grande significativa para o setor em questão.

Para realização o estudo de caso da modernização e de repotencialização do sistema de cogeração de energia, conhecido na engenharia como *retrofit*, foram feitas várias pesquisas e levantamentos teóricos em vários artigos técnico e científicos relacionados com tema de cogeração de energia elétrica, feito pesquisas em sites especializados no assunto.

Em complemento, foi realizado um estudo nos manuais de operação de cada marca correspondentes de cada equipamento e foi feito uma pesquisa sobre quais equipamentos estão ligados diretamente no sistema de geração de vapor. Sendo um sistema de cogeração em uma empresa do seguimento sucroenergético ele é combinado com sistema de moagem e caldeira a vapor, pois para alimentação das caldeiras e necessário um grande volume de bagaço de cana para caldeira atingir a temperatura e a pressão de trabalho dos turbogeneradores que nesse caso é de 21 kgf/ cm².

O estudo foi delimitado em dois equipamentos do sistema para obtenção de dados e resultado, turbogerador e gerador, pois a alimentação do turbogeradores não será alterada e sim repotencializado os dois equipamentos. Será feito coleta de dados em duas situações de cenários diferentes uma sem *retrofit* e uma com o *retrofit* repotencializado e modernizado, será substituído um turbogerador e um gerador, também será montado uma tabela com dados em dois cenários distintos para ser melhor explorado os resultados.

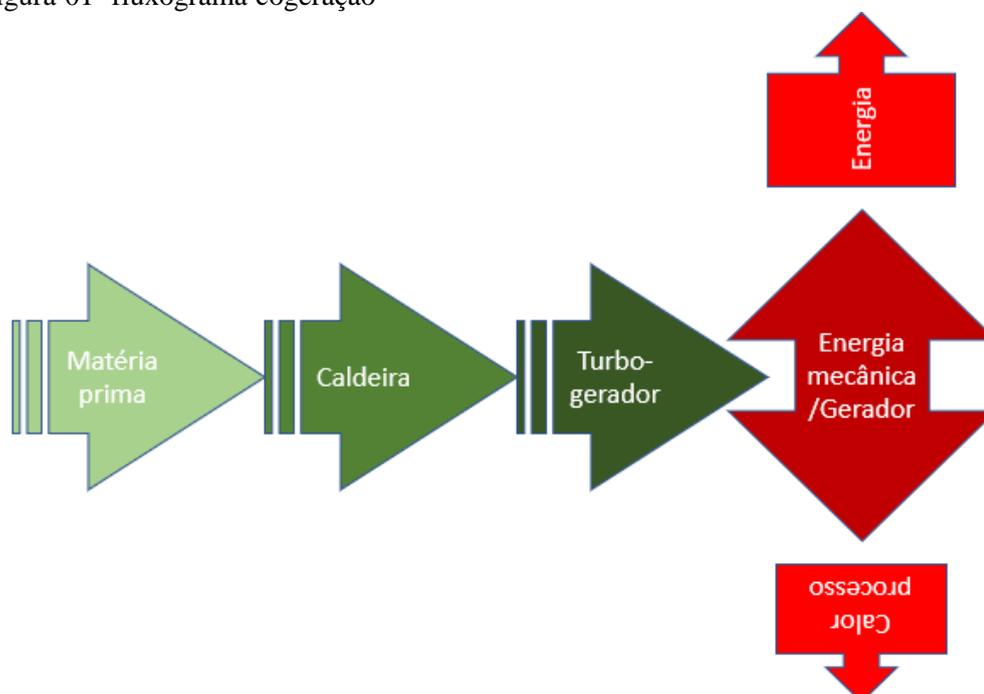
Para coleta de dados do estudo caso foi feito in loco em uma usina do setor sucroenergético, do interior do estado de São Paulo considerado de grande porte no seguimento. Todos os dados foram coletados através dos relatórios anuais de produção que é distribuído internamente para os colaboradores para incentivo de comprimento de metas anuais.

- **Estudo de caso**

Será apresentado de forma resumida para maior entendimento as principais características do sistema de cogeração de energia elétrica do setor sucroenergético.

No setor sucroalcooleiro o principal sistema de cogeração é aquele que emprega turbinas a vapor como máquinas térmicas e que aparece vinculado a três configurações fundamentais: turbinas de contrapressão, combinação de turbinas de contrapressão com outras de condensação que empregam o fluxo excedente e turbinas de extração-condensação. A condensação de uma parte do vapor de escape, ou de uma extração de vapor de uma turbina de extração-condensação, garante as necessidades de energia térmica do sistema. (FIOMARI, 2004, p. 18).

Figura 01- fluxograma cogeração



Fonte: elaboração própria.

- **Caldeiras a vapor**

A NR13 /13.4.1.1 define “Caldeira a vapor aos equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia, excetuando-se os refeedores e equipamentos similares utilizados em unidades de processo”. (BRASIL,1994)

- **Turbina a vapor contrapressão**

A turbinas de contrapressão é aplicada em processos de cogeração, onde a energia térmica na turbina é convertida em trabalho e o vapor de escape vai para o processo com temperatura e pressão adequadas conforme a necessidade do mesmo, seja para cozer, secar, trocar calor, entre outras possibilidades. (WÓRTICE,2020)

- **Geradores síncronos**

As máquinas síncronas são conversores eletromecânicos rotativos que operam em velocidade constante quando em regime permanente senoidal e são principalmente utilizadas para converter determinadas fontes de energia mecânica em energia elétrica. (FITZGERALD, 2006).

Por motivo de sigilo não será apresentado o nome da empresa onde o estudo de caso será realizado. O estudo de caso será em uma Usina que se localiza na região do centro-oeste Paulista, fundada em 1980 de origem nacional e 100% familiar, na safra de 19/20 alcançou moagem acima de 3,5 Milhões de tonelada de cana-de-açúcar, sendo, portanto, caracterizada de grande porte. A usina termelétrica implantada é composta por 4 caldeiras onde se queima o bagaço de cana para geração de vapor para alimentação dos turbogeradores e preparo do setor das moendas que neste caso são duas.

Primeiro Cenário da coleta de dados

Até os anos 2000 sua geração de energia era só para suprir seu consumo interno sem exportação de energia excedente, seu sistema de geração de energia era composto de 2 turbogeradores de contrapressão Turbogenerador a vapor TGM ZANINI C-T700 com pressão de trabalho de 21 kgf/cm² e contrapressão 1,5 kgf/cm² e dois geradores marca Mause modelo AVK um de 2500 KVA e RPM: 1800 e outro com potência de 3500KVA e RPM: 1800, somando o

consumo total da potência da planta em plena carga são de 3000 MW/H, não sendo reaproveitado 3000MW/H que retoma em forma de energia térmica para processo, mesmo estando em paralelo com o Grupo Energisa responsável pela compra e venda de energia da região o excedente não era comercializado onde se localiza a instalação industrial, devido à empresa não ter estrutura para garantir um contrato de exportação de energia excedente.

Será demonstrado na tabela 01 geração diária, e consumo interno. Para enfatizar os resultados e conclusão será colocado os dois cenários em comparação da geração anual, que corresponde a 9 meses de safra com 270 dias.

Tabela 01 - geração de energia

Primeiro cenário	
Produção total diário de geração	6 MW/H
Consumo da planta	3 MW/H
Exportação	0
Valor da venda MW/H	0

Fonte: elaboração própria.

A figura 02 demonstra, como foi mencionado nas referências teóricas do projeto, que as empresas do setor sucroenergético atuam vários anos no mercado, constatado pela placa do gerador com ano de início de sua operação em 1988 chegando à conclusão como estão obsoletos, neste caso em particular.

Figura 02- casa de força antes do retrofit



Fonte: elaboração própria.

Sem a comercialização energia excedente abriu uma lacuna no desenvolvimento financeiro da empresa, mais que a partir de 2002 houve mudança no pensamento da gerência da empresa pela busca de maior rentabilidade financeira e para auto suficiência energética, com incentivos da política pública como os Programas de Incentivos a Energia Renováveis (PROINFA), o PROINFA, instituído pela Lei n.º 10.438, de 26/04/2002 e revisado pela Lei n.º 10.762, de 11/11/2003, tem como objetivo a diversificação da matriz energética brasileira e a busca por soluções de cunho regional com a utilização de fontes renováveis de energia. A partir deste ponto foi feita pesquisas de viabilidade econômica para aumento da geração de energia excedente, sendo que matéria-prima para geração de vapor e conversão em energia mecânica e elétrica é abundante. De acordo com Filho (2009, p: 18),

Na década de 90, num cenário há muito sem grandes mudanças, surgiram dois fatores capazes de alterar o interesse dos produtores do setor sucroalcooleiro na geração de energia elétrica: o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), do Governo Federal, e o Mercado de Créditos de Carbono, estabelecido pelo Protocolo de Kyoto. Os dois trouxeram uma grande oportunidade para incrementar e descentralizar a geração de energia elétrica a partir do uso da biomassa, cuja participação poderia ser aumentada, elevando a oferta de eletricidade, contribuindo para a redução da fragilidade do sistema elétrico e tendo a importância dessa fonte enfim reconhecida para a diversificação e a flexibilização da matriz energética brasileira.

Segundo Cenário da coleta de dados

Com a mudança da visão de negócios e incentivos de políticas públicas a empresa a partir de 2002, começaram os investimentos para alteração do sistema de geração de energia, como o projeto de substituição de toda a planta seria inviável optaram por repotencialização e modernizar sendo feito um *retrofit* nos Turbogeneradores e geradores por etapas ,sem alterar o restante do processo, com um contrato de parceria com WEG/TGM , fizeram um estudo de viabilidade nos três aspectos, viabilidade técnica , viabilidade econômica e viabilidade legal cada um sua característica optando pela substituição no primeiro ano a partir de 2003 de um turbogenerador e gerador , ficando o estabelecido a substituição dos equipamento demonstrado logo abaixo em tabela 02.

Tabela 02 – equipamentos

Implantação do retrofit		
Equipamentos	Sem retrofit	Com retrofit
Turbogeradores	Marca: TGM Modelo: ZANINI CT700 Potência: 2,5 MW Pressão de trabalho: 21kgf/cm ² Contra pressão: 1,5 kgf/cm ²	Marca: TGM Modelo: TM-25000A Potência: 22 MW Pressão de trabalho: 21/65 kgf/cm ² Contra pressão: 1,5 kgf/cm ²
Geradores	Marca: MAUSA Modelo: AVK MAUSA Potência: 2,5 KVA RPM:1800	Marca: WEG Modelo: SPW 1250 Potência: 37.5 KVA RPM:1800

Fonte: elaboração própria.

Como é demonstrado na tabela 02 a evolução de eficiências dos equipamentos com a substituição, além da vantagem do aumento do considerável de geração de energia a possibilidade com o novo turbogerador de trabalhar com duas faixas de pressão 21/65 kgf/cm², abrindo a possibilidade de repotencializar suas caldeiras. Definido a substituição dos equipamentos foi colocado em pratica o plano de comercializações de energia excedente que através Convenção de Comercialização de Energia Elétrica - Resolução Normativa nº 109/2004; define:

a Lei no 10.848, de 15 de março de 2004, autoriza a criação da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, sob autorização do Poder Concedente e regulação e fiscalização pela ANEEL, com a finalidade de viabilizar a comercialização de energia elétrica entre concessionários, permissionários e autorizados de serviços e instalações de energia elétrica, bem como desses com seus consumidores, no Sistema Interligado Nacional – SIN, mediante contratação regulada ou livre.(ANEEL, 2004, p.1).

A tabela 03 demonstrara o segundo cenário depois do *retrofit* com a substituição do turbogerador e gerador ouve um aumento no consumo de energia da planta devido motores elétricos adicionais no projeto de aumento de cogeração de energia, para sistema de resfriamento e lubrificação, também o valor em reais por mega hora tem variações devido a demanda dos consumidores. Segundo levantamento com relatório de dados de investimentos coletado no setor de projetos a instalação do projeto de retrofit custou aproximadamente entre 10 a 12 milhões de reais sendo custo de implantação de um turbogerador e gerador com as características mencionado na tabela 02, fazendo parte do projeto de substituição por etapas.

Segundo cenário	
Produção total diário de geração	32 MW/h
Consumo da planta	5 MW/h
Exportação	27 MW/h
Valor da venda MW/H	200* reais MW/h
*VALORES PAGO POR MEGA TEM VARIAÇÃO DE VALORES	

Fonte: elaboração própria.

Figura 03- casa de força depois do retrofit



Fonte: elaboração própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após coleta de dados dos dois cenários antes e depois do *retrofit* através de relatórios anuais de produção coletados na empresa demonstrar os resultados na tabela 04 com os dois cenários de estudos com o cálculo anual de geração e exportação sendo 9 meses 270 dias. O valor do MW/h é o resultado de (30 dias do mês x 24h dia x 9 meses da safra por ano x 27 MW/h usado para exportação).

Tabela 04 – resumo dos cenários

RESUMO DOS CENARIOS			
Cenários	Sem retrofit	Com retrofit	Unidades
Produção total de energia Dia/Hora	6	32	MW/h
Consumo da planta Dia/Hora	3	5	MW/h
Exportação Dia/Hora	0	27	MW/h
Produção anual MW safra	0	207,360	MW
Exportação anual MW	0	174,960	MW
Valor venda MW/H		200	R\$
Receita adicional		34.992.000,00	R\$

Fonte: elaboração própria.

Gráfico 01- renda anual



Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado no gráfico 01, o grande incremento de renda, o *retrofit* foi um processo altamente rentável e com várias possibilidades, onde foi incrementado a receita anual a partir do ano de 2003 mais de 34 milhões de reais para empresa onde foi feito o estudo de caso, um valor considerável se comparado com investimento inicial que se paga muito rapidamente.

Podemos concluir que o retrofit com planejamento, com os estudos de viabilidades e através deste estudo de caso apresentado, demonstra uma solução para escassez de recurso financeiro do setor sucroenergético, como citado pelas referencias o mercado de cogeração ainda está em expansão com várias possibilidades. Segundo FILHO (2009), a cogeração de energia elétrica para a venda do seu excedente não é subproduto das usinas, e sim a terceira fonte negócios, tanto quanto o álcool e açúcar.

Um grande avanço para as empresas do setor sucroenergético com a abertura no livre comercio de energia foi a maior aceitação do setor a área de Desenvolvimento de novos negócios (BizDev). Podemos dizer que o desenvolvimento de novos negócios passa por temas como gestão, vendas e relacionamento. Isso porque se trata de uma atividade que cria oportunidades de negócios confiáveis para a organização, levando em consideração variáveis de mercado, clientes e relacionamento com as partes interessadas com a criação de oportunidades como o aumento da receita, aumento do lucro, expansão do mercado, e relação

com novos clientes (NEOWAY,2020). Um tema para ser abortado em futuras pesquisa por estar interligado com o contexto do conteúdo apresentado.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou demonstrar que através de um bom e sucedido caso real que o *retrofit* pode ser e é em na grande maioria a solução parcial da falta de recursos financeiro para as empresas do seguimento do setor sucroenergético de cogeração de energia com isto abrindo a possibilidade de estudos futuros para seguimento pois o mercado de energia renováveis no brasil e considerável abundante principalmente no setor em questão. Em base em tudo que foi apresentado fica claro que o *retrofit* deixa em evidencia seu grande retorno financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Portaria N.º 594 de 28 de abril de 2014. NR-13 - **Caldeiras, Vasos de pressão e Tubulações**, Brasília, DF, 28 de abr. 2014. Disponível em <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr13.htm>. Acesso em 23 out.2020

BRASIL. ANEEL. Resolução Normativa No 235, de 14 de novembro de 2006.**Estabelece os requisitos para a qualificação de centrais termelétricas cogradoras de energia e dá outras providências**. Disponível em< <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2006235.pdf>> Acesso em: 23 out. 2020.

BRASIL. ANEEL. Resolução Normativa No 109, de 26 de outubro de 2004. **Institui a Convenção de Comercialização de Energia Elétrica**. Disponível em < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2004109.pdf>>. Acesso em: 23 de out. 2020.

COGEN- Associação da Industria de Cogeração de Energia: **Conceito e termologias**. Disponível em:< <https://www.cogen.com.br/cogeracao/conceito-e-tecnologias>>. Acesso em: 26 de out. de 2020.

FILHO, P.L.D. **Análise de custos na geração de energia com bagaço de cana-de-açúcar: um estudo de caso em quatro usinas de São Paulo**, 2009, 175p. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo.

FIOMARI, Marcelo Caldato, **Análise Energética e energética de uma Usina Sucroalcooleira do Oeste Paulista com Sistema de Cogeração de Energia em Expansão**, Dissertação de Mestrado, UNESP-Ilha Solteira, 2004 ,152p

FITZGERALD, A. E., et al. **Máquinas elétricas**. Bookman, 2006

NEOWAY: BizDev: habilidades para o desenvolvimento de novos negócios .Disponível em < <https://blog.neoway.com.br/bizdev-habilidades-para-o-desenvolvimento-de-novos-negocios/> >. Acesso em: 31 de outubro de 2020

ODDONE: Cogeração de energia – Processamento do álcool. Disponível em:< <http://www.biodieselbr.com>>. Acesso em: 26 de out. de 2020.

UNICA, A Bioeletricidade Gerada a partir da Cana-de-açúcar é a 4 Fonte mais importante da matriz elétrica brasileira. Disponível em: <https://unica.com.br/setor-sucroenergético/bioeletricidade/>. Acesso em: 23 de out. de 2020

WÓRTICE- Turbinas a vapor de Contrapressão. Disponível em:< <https://www.wortice.com.br/turbinas-de-contrapressao-alimentando-seu-processo>>. Acesso em: 26 de out. de 2020.