



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

ISAC RODRIGUES MARTINS

**MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA:
ESTUDO SOBRE GERAÇÃO TÉRMICA A GÁS NATURAL**

Palhoça
2019

ISAC RODRIGUES MARTINS

**MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA:
ESTUDO SOBRE GERAÇÃO TÉRMICA A GÁS NATURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Elétrica da
Universidade do Sul de Santa Catarina como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Paulo Roberto May, MSc.

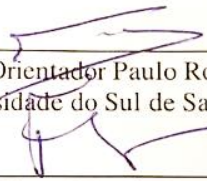
Palhoça
2019

ISAC RODRIGUES MARTINS

**MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA:
ESTUDO SOBRE GERAÇÃO TÉRMICA A GÁS NATURAL**

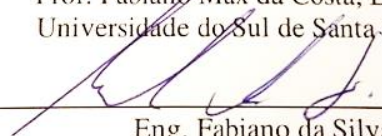
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 12 de novembro de 2019.



Professor e Orientador Paulo Roberto May, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Fabiano Max da Costa, Eng. Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Eng. Fabiano da Silva
Zapelini Instalações e Comercio Ltda.

Dedico este trabalho ao meu filho Théo.

.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, o centro da minha vida. À Ele rendo graças e louvores pelas tantas bênçãos que possuo.

Em especial a minha mãe Maria das Graças, aquela que mais que prover meus estudos e conforto material, foi aconchego, exemplo e alicerce durante a caminhada. Seu apoio, seu incentivo, seu amor e sua compreensão foram indispensáveis para a vida. Minha gratidão e meu amor são imensuráveis e atemporais.

Agradeço a meu pai Idalmiro, que me esculpiu um homem com integridade e princípios, sempre me incentivou nas batalhas da vida. Ele é exemplo de pessoa que corre atrás dos seus sonhos e luta pela felicidade da família.

A minha irmã querida Míria, meu cunhado Luiz Fernando e suas filhas Livia minha afilhada linda e Lara não menos linda, que com certeza fazem parte minha torcida e ao qual posso recorrer nas dificuldades.

Ao meu amado filho Théo que foi sem dúvida a inspiração mais eloquente de toda essa jornada final de diploma dito para poucos, e a Juliana mãe do meu filho.

Agradeço aos meus amigos, parceiros de vida. Eles fazem meus dias mais alegres, minha vida mais leve e estão ao meu lado nos momentos bons e ruins.

Não poderia fazer meus agradecimentos sem lembrar-me dos amigos da faculdade.

Ao meu professor orientador Paulo Roberto May, que não mediu esforços para auxiliar na conclusão deste trabalho, me tranquilizou e dividiu seu conhecimento comigo.

Agradeço aos meus companheiros de trabalho por dividirem comigo a sua experiência e por servir de inspiração de ser humano e profissional.

Parabenizo e agradeço a todos os professores e a UNISUL, por todo apoio oferecido e ensinamento compartilhado durante esta caminhada.

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano” (ISAAC NEWTON).

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo apresentar um estudo sobre a viabilidade técnica e econômica da implantação de sistemas de cogeração de energia em indústrias que buscam eficiência das cargas, e a autossuficiência em geração de energia elétrica. Foi analisada a possibilidade da utilização desta geração térmica implantada pela indústria ser utilizada como geração distribuída, reduzindo assim a necessidade de implantação de novas centrais de geradoras, investimentos em melhoria nas infraestruturas de distribuição e transmissão de energia, bem como, ser uma fonte de renda para a indústria. O trabalho de conclusão de curso discute a possibilidade de benefícios financeiros para viabilizar projetos deste conceito e busca demonstrar aos empresários a importância sobre a utilização eficiente dos recursos de energia térmica e elétrica.

Palavras-chave: Cogeração. Grupo Gerador. Gás Natural. Eficiência Energética.

ABSTRACT

This paper aims to present a study on the technical and economic feasibility of the implementation of energy cogeneration systems in industries that seek load efficiency, and self-sufficiency in electricity generation. The possibility of using this thermal generation deployed by the industry to be used as distributed generation was analyzed, thus reducing the need to deploy new generating plants, investments in improving the distribution and transmission infrastructures, as well as being a source of income. for the industry. The final paper discusses the possibility of financial benefits to enable projects of this concept and seeks to demonstrate to entrepreneurs the importance of the efficient use of thermal and electrical energy resources.

Keywords: Cogeneration. Generator. Natural Gas. Energy Efficiency.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Unidades Consumidoras Com Geração Distribuída	26
Quadro 2 - Propriedades e Características do Gás Natural	33
Quadro 3 - Critérios vigentes para se tornar Consumidor Livre ou Especial.....	55
Quadro 4 - Dados da Unidade Consumidora.....	63
Quadro 5 - Consumo de Gás Natural.....	64
Quadro 6 - Consumo Anual de Energia Elétrica e Gás Natural sem Gerador.....	64
Quadro 7 - Seleção do Grupo Gerador	65
Quadro 8 - Consumo e Eficiência.....	66
Quadro 9 - Condições Operacionais com Cogeração	68
Quadro 10 - Custo de Energia Elétrica, Gás Natural e Manutenção	69
Quadro 11 - Economia Projetada.....	70
Quadro 12 - Proposta Resumida.....	72
Quadro 13 - Resultados Financeiros.....	72
Quadro 14 - Demonstrativo Financeiro	73
Quadro 15 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 01.....	74
Quadro 16 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 02.....	74
Quadro 17 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 03.....	75
Quadro 18 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 04.....	75
Quadro 19 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 05.....	76
Quadro 20 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 06.....	76
Quadro 21 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 07.....	77
Quadro 22 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 08.....	77
Quadro 23 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 09.....	78
Quadro 24 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 10.....	78

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição do Gás Natural	34
Figura 2 - Rede de Distribuição de Gás Natural em SC.....	34
Figura 3 - Antes da Cogeração	47
Figura 4 - Após a Cogeração	48
Figura 5 - Exemplo de Cogeração	49
Figura 6 - Agentes do setor elétrico.....	56
Figura 7 - Material prima (borracha).....	59
Figura 8 - Linha de fornos	60
Figura 9 - Saindo da máquina de corte	60
Figura 10 - Área de localização da empresa.....	61
Figura 11 - Mapa do Plano Diretor de São José	62
Figura 12 - Gerador Cummins modelo C334 N6C	66
Figura 13 - Diagrama Unifilar com a Usina de Gerador Cummins modelo C334 N6C	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tamanho das Usinas Termelétricas x Custo Médio de Geração	22
Gráfico 2 - Projeções e valores realizados da quantidade de unidades consumidoras que possuem micro ou minigeração distribuída	24
Gráfico 3 - Projeções e valores realizados da potência instalada da micro ou minigeração	24
Gráfico 4 - Média de potência instalada (kW) por unidade consumidora, de acordo com a modalidade do Sistema de Compensação de Energia	25
Gráfico 5 - Participação relativa das fontes complementares à hidráulica na geração de energia (%)	37
Gráfico 6 - Perfil de oferta e demanda no balanço nacional de gás natural (milhões m ³ /d)	38
Gráfico 7 - Regime ESP (<i>Emergency Stand-by Power</i>)	51
Gráfico 8 - Regime ESP (<i>Emergency Stand-by Power</i>)	51
Gráfico 9 - Regime ESP (<i>Emergency Stand-by Power</i>)	52
Gráfico 10 - Regime COP (Continuous power)	53
Gráfico 11 - Participação no Mercado Livre de Energia	54
Gráfico 12 - Número de agentes por classe	56
Gráfico 13 - Representatividade do custo de Energia Elétrica x Gás Natural no ano, sem Gerador	65
Gráfico 14 - Custo de Energia Elétrica, Gás Natural e Manutenção	70
Gráfico 15 - Comparativo dos Custos	71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	JUSTIFICATIVA	16
1.2	PROBLEMA.....	16
1.3	OBJETIVO GERAL	17
1.3.1	Objetivos Específicos.....	17
1.4	LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	17
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2	METODOLOGIA.....	19
3	REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1	GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (GD)	21
3.2	FONTES UTILIZADAS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	26
3.2.1	Fontes de energia renováveis.....	27
3.2.1.1	Energia Hidráulica.....	28
3.2.1.2	Energia Solar	28
3.2.1.3	Energia Eólica	29
3.2.1.4	Biomassa.....	29
3.2.1.5	Energia Geotérmica	30
3.2.1.6	Energia Oceânica.....	31
3.2.1.7	Hidrogênio.....	31
3.3	GÁS NATURAL	32
3.3.1	Distribuição do Gás Natural.....	33
3.3.2	Segurança do Gás Natural.....	35
3.4	GERAÇÃO TÉRMICA A GÁS NATURAL	36
3.4.1	Protagonismo da Geração Térmica a Gás Natural	37
3.5	LEGISLAÇÃO SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	39
3.5.1	Principais inovações	39
3.5.2	Crédito de energia	40
3.5.3	Condições para a adesão.....	40
3.6	REGRAS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NA CELESC	41
3.6.1	Ambiente de Contratação Regulada – ACR.....	42
3.6.2	Ambiente de Contratação Livre – ACL	43
3.6.3	Consumidores no Ambiente de Contratação Livre – ACL	44

3.6.4	Conexão ao Sistema Elétrico	44
3.6.5	Sobre o Processo de Conexão de PCHs	45
3.7	COGERAÇÃO.....	46
3.7.1	Eficiência de uma Cogeração	47
3.7.2	Cogeração de Energia	49
3.8	REGIME DE OPERAÇÃO DE GERADORES	50
3.8.1	Regime ESP (<i>Emergency Stand-by Power</i>)	50
3.8.2	Regime PRP (<i>Prime Power</i>)	51
3.8.3	Regime LTP (<i>Limited-time running power</i>).....	52
3.8.4	Regime COP (<i>Continuous power</i>)	52
3.9	MERCADO LIVRE DE ENERGIA	53
3.9.1	Mercado Livre (ACL) X Mercado Cativo (ACR)	53
3.9.2	Tipos de Contratos no Mercado Livre de Energia.....	54
3.9.3	CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica	55
3.9.4	Agentes da CCEE.....	56
3.9.5	Mercado Livre de Energia Elétrica em alguns outros países.....	57
4	DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO	58
4.1	PERFIL DA EMPRESA	58
4.1.1	Processo de fabricação	59
4.1.2	Localização da empresa	61
4.2	ESTUDO DE VIABILIDADE	62
4.2.1	Dados de Consumo de Energia	62
4.2.2	Dados de Consumo de Gás Natural Atual	63
4.2.3	Condições Sem Gerador	64
4.2.4	Seleção do Grupo Gerador	65
4.2.5	Diagrama Unifilar	67
4.2.6	Condições Operacionais com Cogeração	68
4.2.7	Projeção de Custo com a Planta de Geradores e Cogeração.....	69
4.2.8	Economia Projetada.....	70
4.2.9	Investimento.....	71
4.2.10	Resultado Financeiro	72
4.2.11	Demonstrativo Financeiro	73
4.2.12	Fluxo e Caixa do Projeto	73
4.3	CONCLUSÕES DO ESTUDO DE CASO.....	79

5 CONCLUSÃO.....	80
5.1 SUGESTÕES DE NOVOS TRABALHOS.....	80
REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

Geração Distribuída (GD) é um termo usado para classificar a geração de energia elétrica gerada junto ou perto do consumidor (carga), independente da potência, tecnologia ou fonte de energia e, quando houver excedente, este é injetado na rede de distribuição, conceitua Fabiano Cislighi Dallacorte, coordenador estadual do setor Metalmecânico e Energia do SEBRAE RS. (SEBRAE RS [2018]).

Na primeira metade do século, a geração elétrica próxima ao consumidor chegou a ser a regra, pois a energia industrial era praticamente toda gerada localmente. Porém a partir da década de 40, a geração em centrais de grande porte ficou mais vantajosa, reduzindo assim o interesse dos consumidores pela GD e, como consequência, o desenvolvimento tecnológico para incentivar esse tipo de geração estagnou.

Além de proporcionar maior eficiência energética, pois reduzem as perdas da transmissão e distribuição, que no Brasil estima-se que chegue a 17%, a GD ainda possibilita, efetivamente, diminuir seus custos com energia elétrica, que estão entre os mais altos do mundo, colaborando para a robustez da matriz elétrica brasileira. Essas vantagens contribuem para o uso de uma energia renovável e mais limpa que os atuais modelos, alinhando o Brasil aos compromissos assumidos no COB21 em Paris e também ajudam a aumentar a segurança energética no país. Podemos citar outros aspectos, como o estratégico e o social, que fazem essa modalidade de geração de energia uma das mais importantes para o futuro. (SEBRAE RS, [2018]).

Com o constante aumento da tecnologia no intuito de diminuir custos de produção e o constante interesse em aumentar a confiabilidade no fornecimento de energia elétrica para as suas empresas, a ideia da implantação de usinas próprias de Grupos Geradores vem seguindo seu caminho, e agora com novas visões.

Os Grupos Geradores de energia elétrica movidos a gás natural são algumas das formas de geração de energia e estão se tornando cada vez mais comuns em comércios, indústrias e até residências graças às suas inúmeras vantagens em relação aos modelos convencionais movidos a diesel.

Disponível em diversas potências e de vários fabricantes nacionais e importados, os geradores a gás natural aliam as vantagens da gestão da própria geração de energia sem os inconvenientes dos modelos a diesel, como maior emissão de poluente e complexa gestão do combustível no local.

A implantação de Grupos Geradores a Gás Natural ao invés de a Diesel permitem vários diferenciais como não necessidade de armazenamento de combustível, motores com vida útil muito maior, possibilidade de cogeração em seu processo fabril e ainda a operação da usina em Regime *Continuous Power* (COP), o qual possibilita a comercialização no Mercado Livre de Energia do excedente gerado.

1.1 JUSTIFICATIVA

Esse trabalho é justificado com temas importantes para a área econômica das empresas que se preocupam com o futuro delas, das outras e do Mundo. Cada vez mais as empresas terão como objetivo serem autossuficientes em energia elétrica.

A diminuição do custo da energia elétrica é prioridade para as empresas e, se ainda for possível ter um retorno financeiro com a instalação da usina de Grupo Gerador a Gás, é mais relevante ainda.

A geração térmica é uma das grandes opções para o fornecimento de energia elétrica, ainda mais quando existe a possibilidade de racionamentos ou déficit no fornecimento.

Outro ponto importante a ser considerado é a tendência global em geração distribuída.

1.2 PROBLEMA

Projetar um grande empreendimento, num local com limitação no fornecimento de energia elétrica, e ao mesmo tempo ser eficiente, autossustentável e rentável em sua operação demanda muitas análises, e todas as possibilidades devem ser analisadas.

Um dos fatores principais é o retorno do investimento, e a possibilidade de maximizar os investimentos deve ser analisada em todas as suas possibilidades e oportunidades.

Assim, a geração distribuída surge como uma oportunidade de maximizar os investimentos, para isto foi desenvolvido este trabalho de conclusão de curso buscando responder a seguinte pergunta:

É técnica e economicamente viável utilizar geração térmica a gás natural em um processo de minigeração distribuída?

1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso é:

Analisar se os aspectos técnicos e econômicos são atendidos por Geração Térmica a Gás Natural na Geração Distribuída.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Entender o processo de Geração Distribuída;
- Descrever as diversas possibilidades de fontes utilizadas em Geração Distribuída;
- Estudar a legislação sobre Geração Distribuída;
- Descrever as regras de Geração Distribuída na Celesc;
- Avaliar processo e disponibilidade de Cogeração;
- Propor melhorias no processo atual, se necessário.

1.4 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Uma importante dificuldade está relacionada à compatibilização da terminologia acadêmica com as práticas da indústria, o que exigiu do autor um esforço para interpretação das informações recebidas.

Também deve ser considerado o envolvimento pessoal do autor nos processos de implantação destes métodos, fator este que sempre terá influência mesmo com todos os cuidados tomados em buscar uma postura o mais isenta possível na análise e apresentação dos fatos.

A expansão deste estudo para os demais processos poderá ser realizada em fases posteriores a conclusão deste Trabalho de Conclusão de Curso.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho de conclusão de curso foi dividido de forma a facilitar o entendimento do tema proposto, como segue:

- Capítulo 1 – Introdução, Justificativa, Problema, Objetivo Geral e Específicos, Limitações do TCC e Estrutura do TCC;
- Capítulo 2 – Metodologia;
- Capítulo 3 – Referencial Teórica;
- Capítulo 4 – Desenvolvimento do Estudo e Conclusões do Estudo;
- Capítulo 5 – Conclusão e Sugestão de Novos Trabalhos.

2 METODOLOGIA

Este trabalho de conclusão de curso é uma pesquisa aplicada, com abordagem qualitativa, sendo que, em relação ao objetivo ela é explicativa, utilizando-se de procedimentos documentais e de estudos bibliográficos. As técnicas utilizadas para coleta e análise de dados foram à análise documental.

De acordo com Lakatos e Marconi (2010, p.65),

Método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo, conhecimentos válidos e verdadeiros, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista.

Portanto, o embasamento teórico e metodológico existe para dar sustentação ao trabalho científico.

Esse estudo de caso está buscando analisar se os aspectos técnicos e econômicos são atendidos por geração térmica a gás natural na geração distribuída, o que permite que seus diversos aspectos estudados possam ser muito úteis para futuros trabalhadores em diferentes empresas semelhantes.

Quanto à abordagem do problema, utilizou-se a pesquisa bibliográfica que segundo Lakatos e Marconi (2010, p.166), estrutura-se a partir de:

Fontes secundárias que abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, teses etc. Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito sobre determinado tema.

De acordo com Gil (2010, p.29), pesquisa bibliográfica está presente em todas as pesquisas acadêmicas que são elaboradas para dar fundamentação teórica ao trabalho. Segundo o autor, a pesquisa bibliográfica é elaborada com base em material já publicado.

Tradicionalmente, esta modalidade de pesquisa inclui material impresso, como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de congressos científicos. Todavia, em virtude da disseminação de novos formatos de informação, estas pesquisas passaram a incluir outros tipos de fontes, como discos, fitas magnéticas, CDs, bem como material disponibilizado pela internet.

Essa classificação de pesquisa permite que os pesquisadores elaborem novas hipóteses com base no conhecimento já publicado. Barros, et al, (2007, p.85), afirma que essa classificação de pesquisa gera:

a construção de trabalhos inéditos daqueles que pretendem rever, reanalisar, interpretar e criticar considerações teóricas, paradigmas e mesmo criar novas proposições de explicação e compreensão dos fenômenos das mais diferentes áreas do conhecimento.

Neste contexto, qualquer tipo de pesquisa acadêmica pode ser caracterizado como bibliográfica tendo como vantagem para o investigador a cobertura de uma ampla gama de fenômenos, analisando sua profundidade, descobrindo-se desta forma as incoerências ou contradições.

Trata-se também de uma pesquisa Documental, que segundo Marconi; Lakatos (2010) é fundamentada em documentos, escrita ou não, estabelecendo o que se denomina de fontes primárias. Pode ser feita no momento em que o fato ou fenômeno ocorre, ou ser feita depois.

No desenvolvimento dessa pesquisa, também foram utilizados documentos de arquivos privados, que para Lakatos, et al (2010, p.157-158) são chamados de fontes primárias. Entende-se por documento qualquer objeto capaz de comprovar algum fato ou acontecimento (LAKATOS, et al, 2010, p.159).

Classifica-se a referida pesquisa como descritiva, pois segundo Triviños (2009), permite ao investigador ampliar sua experiência em relação a um determinado problema. Assim, a esta etapa de uma proposta de implementação de um sistema de gestão de pessoas, a referida pesquisa enquadra-se como descritiva por apresentar:

A descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, até mesmo, o estabelecimento de relação entre as variáveis, bem como, a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, dentre elas, a aplicação de questionários e a observação sistemática. (GIL, 2010, p. 42)

Utilizou-se para tanto, a pesquisa descritiva que de acordo com Gil (2010) “tem como objetivo primordial a descrição de determinadas características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre as variáveis”.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Para preparar o estudo que foi desenvolvido foi e é importante um forte embasamento teórico. Através da apresentação de conceitos e opiniões de diferentes autores, foi possível perceber uma opinião em comum e entender melhor como determinados conceitos são definidos.

Nesse Capítulo estão apresentados os principais conceitos necessários para a compreensão dos estudos desenvolvidos.

3.1 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (GD)

De acordo com o INEE ([2019A]), a Geração Distribuída (GD) é definida como uma expressão utilizada para designar a geração elétrica realizada junto ou próxima do(s) consumidor(es) independente da potência, tecnologia e fonte de energia. As tecnologias de GD têm evoluído para incluir potências cada vez menores, assim a GD inclui:

- Co-geradores;
- Geradores de emergência;
- Geradores para operação no horário de ponta;
- Geradores que usam como fonte de energia resíduos combustíveis de processo;
- Painéis fotovoltaicos;
- Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs.

Ainda segundo INEE ([2019A]), o conceito envolve, ainda, equipamentos de medida, comando e controle que articulam a operação dos geradores e o eventual controle de cargas (ligamento/desligamento) para que estas se adaptem à oferta de energia elétrica.

A GD tem benefício sobre a geração central, pois diminui investimentos em transmissão e reduz as perdas nestes sistemas, melhorando a estabilidade do serviço de energia elétrica.

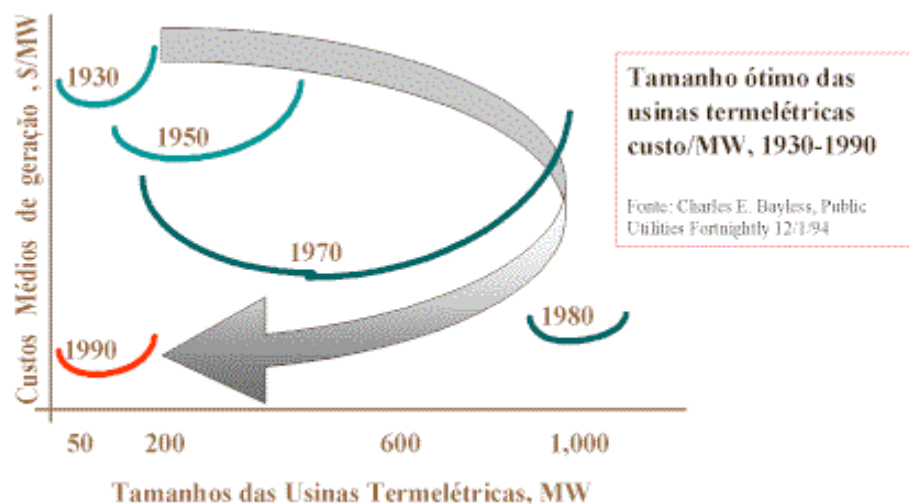
Continuando a visão de INEE ([2019A]), a geração de energia elétrica perto do consumidor chegou a ser a regra na primeira metade do século, quando a energia industrial era praticamente toda gerada localmente. A partir da década de 40, no entanto, a geração em centrais de grande porte ficou mais barata, reduzindo o interesse dos consumidores pela GD e,

como consequência, o desenvolvimento tecnológico para incentivar esse tipo de geração também parou.

As crises do petróleo introduziram fatores perturbadores que mudaram irreversivelmente este panorama, revelando a importância, por exemplo, da economia de escopo obtida na co-geração. A partir da década de 90, a reforma do setor elétrico brasileiro permitiu a competição no serviço de energia, criando a concorrência e estimulando todos os potenciais elétricos com custos competitivos.

Com o fim do monopólio da geração elétrica, em meados dos anos 80, o desenvolvimento de tecnologias voltou a ser incentivado com visíveis resultados na redução de custos, vide Gráfico 1. (INEE, [2019A])

Gráfico 1 - Tamanho das Usinas Termelétricas x Custo Médio de Geração



Fonte: INEE, 2019A.

O crescimento da GD nos próximos anos parece inexorável e alguns autores fazem uma analogia com o crescimento do micro-computador com relação aos grandes computadores centrais ("*main frames*").

Com a GD, torna-se possível obter maior eficiência energética. Por isso, o INEE tem trabalhado para derrubar eventuais imperfeições do mercado que dificultam o desenvolvimento desta forma de geração elétrica.

Concluindo a visão do INEE ([2019A]) temos que em 2004, ocorre um grande avanço quando a GD é mencionada na Lei 10.848/04 como uma das possíveis fontes de geração de energia. O detalhamento do Decreto 5.163/04 fornece características que ajudarão as empresas distribuidoras, que até então se opunham a esta forma de geração, a enxergarem na GD uma das formas de mitigar riscos de planejamento.

Segundo a Nota Técnica nº 0062/2018-SRD/SCG/SRM/SGT/SRG/SMA/ANEEL, em 25 de maio de 2018:

Processo nº: 48500.004924/2010-51.

Assunto: **Abertura de Consulta Pública para o recebimento de contribuições visando o aprimoramento das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída.**

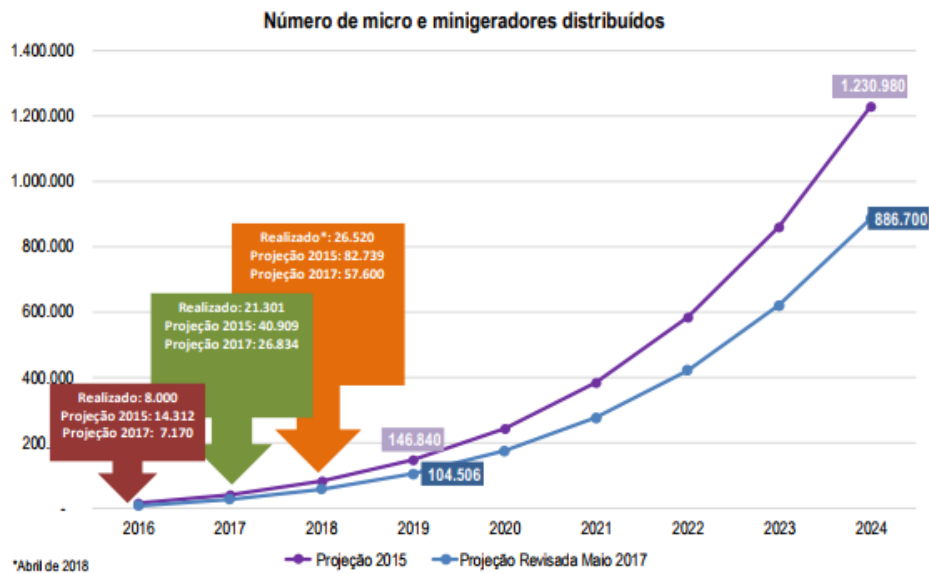
A revisão da REN nº 482/2012, ocorrida em 2015, aumentou o limite de potência da minigeração de um (1) MW para três (3) MW para fontes hidráulicas e para cinco (5) MW para as demais fontes renováveis. Também foram criadas duas novas modalidades para participação no Sistema de Compensação de Energia: o autoconsumo remoto e a geração compartilhada.

A Nota Técnica da ANEEL ([2018A]) ainda firma que estas duas novas modalidades permitem que um consumidor instale a geração distribuída em unidade consumidora diferente daquela na qual se dá o usufruto do excedente de energia. Na época da publicação da norma, essa característica gerou discussão sobre a forma de compensação da energia excedente, ou seja, se a energia gerada na unidade consumidora remota compensaria todas as componentes da tarifa (Tarifa de Energia – TE e Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD), ou se seriam adotadas formas alternativas de compensação (sobre apenas a TE, por exemplo).

Ciente de que a expansão das modalidades poderia gerar impactos mais relevantes sobre a remuneração do serviço de distribuição e impactar os demais consumidores, o diretor-relator do processo que culminou na publicação da REN nº 687/2015, baseado nas projeções para a micro e minigeração distribuída, concluiu que “o cenário mais otimista indica a existência de apenas 200 mil unidades consumidoras com capacidade instalada de cerca de 500 MW em 2019.” E ainda propôs “uma nova revisão da norma, com foco no aspecto econômico, a ser realizada até 31 de dezembro de 2019” (grifo nosso).

De acordo com a Nota Técnica da ANEEL ([2018A]), as projeções para a micro e minigeração distribuída foram revisadas em maio de 2017, o que resultou em valores inferiores ao da projeção anterior, devido a ajustes no modelo da Teoria da Difusão de Inovações e à nova conjuntura econômica. No Gráfico 2 são apresentadas as duas projeções, em termos de quantidade de unidades consumidoras, e os valores realizados em 2016, 2017 e 2018.

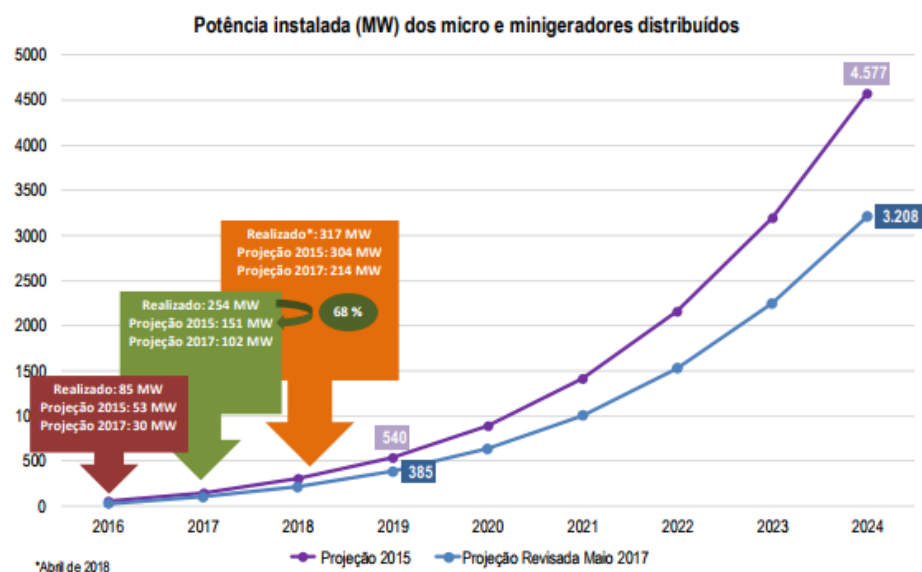
Gráfico 2 - Projeções e valores realizados da quantidade de unidades consumidoras que possuem micro ou minigeração distribuída



Fonte: ANEEL, 2018A.

No Gráfico 2, o número de consumidores que de fato instalaram micro ou minigeração tem sido inferior às projeções realizadas pela Agência. Todavia, os reais impactos da GD são mais afetados à potência total instalada do que à quantidade de sistemas. Nesse sentido, uma análise semelhante à do Gráfico 2, mas em termos de potência instalada, é exibida no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Projeções e valores realizados da potência instalada da micro ou minigeração

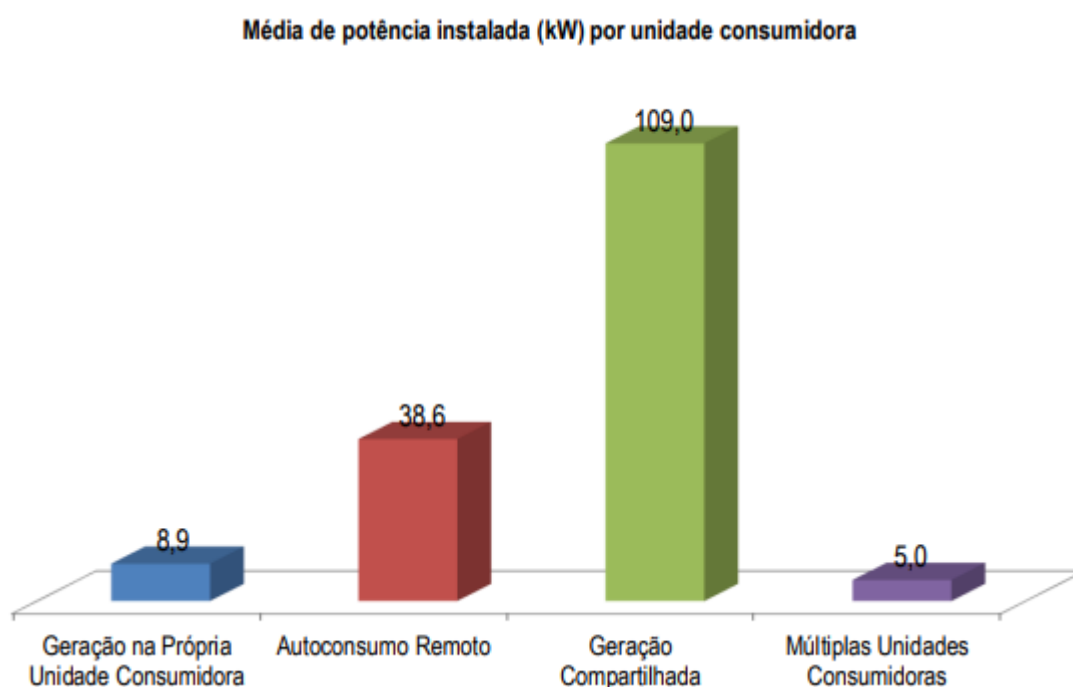


Fonte: ANEEL, 2018A.

A Nota Técnica da ANEEL ([2018A]), observa que a potência efetivamente instalada de GD tem sido consistentemente superior às projeções, com atenção para o ano de 2017, em que a potência já foi superior a 68% da projeção que a Diretoria da ANEEL utilizou para definir a data de revisão do regulamento (Projeção 2015).

Os dados também permitem concluir que esses valores elevados de potência instalada têm forte relação com a expansão das modalidades geração compartilhada e autoconsumo remoto criadas com a REN nº 687/2015, que apresentam os maiores valores de potência instalada por unidade consumidora, conforme apresentado no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Média de potência instalada (kW) por unidade consumidora, de acordo com a modalidade do Sistema de Compensação de Energia



Fonte: ANEEL, 2018A.

Tendo em vista que os impactos da GD sobre a rede e os demais consumidores têm relação direta com a potência total instalada, e que os valores de potência verificados nos últimos anos são superiores às projeções realizadas, conclui-se que há uma probabilidade elevada de que os valores de potência utilizados pela Diretoria da ANEEL como referência para realização da revisão de 2019 (500 MW) sejam alcançados antes do prazo previamente estimado. Portanto, tal cenário reforça a necessidade de revisar a norma com foco no aspecto econômico, defende a Nota Técnica da ANEEL ([2018A]).

3.2 FONTES UTILIZADAS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Segundo a Assessoria de Imprensa da ANEEL ([2018B]), o número de conexões de micro e minigeração de energia chegaram a mais de 20 mil instalações, com atendimento a 30 mil unidades consumidoras, o que representa uma potência instalada de 247,30 MW – suficiente para atender 367 mil residências.

A classe de consumo residencial é responsável por 58,71% de conexões, seguida da classe comercial com 35,25% das instalações.

A fonte mais utilizada pelos consumidores-geradores é a solar com 20.666 adesões, seguida de termelétrica a biomassa ou biogás, com 76 instalações, conforme o Quadro 1 com o total por fonte. Minas Gerais permanece como o estado com mais conexões (4.484), seguido de São Paulo (4.038) e Rio Grande do Sul (2.497).

Quadro 1 - Unidades Consumidoras Com Geração Distribuída

UNIDADES CONSUMIDORAS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA			
Tipo	Quantidade	Quantidade de UCs que recebem créditos	Potência Instalada (kW)
CGH - Centrais Geradoras Hidroelétricas	83	7.394	80.212,60
EOL - Usinas Eólicas	57	100	10.314,40
UFV - Usinas Fotovoltaicas	78.805	98.548	820.390,18
UTE - Usinas Termelétricas	157	3.600	43.829,78
TOTAL	79.102	109.642	954.746,96

Fonte: ANEEL 2018B; 2019.

De acordo com a ANEEL ([2018B]), os três estados com mais conexões aderiram ao Convênio ICMS 16/2015 do Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz), que isenta o pagamento de tributo estadual (ICMS) sobre o excedente de energia elétrica gerada por sistemas de geração distribuída.

A geração de energia pelos próprios consumidores tornou-se possível a partir da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012. A norma estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeração aos sistemas de distribuição de energia elétrica e cria o sistema de compensação de energia elétrica, que permite ao consumidor instalar pequenos geradores em sua unidade consumidora e trocar energia com a distribuidora local.

A ANEEL ([2018B]), diz que a resolução autoriza o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída a central

geradora com potência instalada de até 75 quilowatts (kW) e minigeração distribuída - aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW, conectadas à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes. O prazo de validade dos créditos é de 60 meses e eles podem ser usados também para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que na área de atendimento de uma mesma distribuidora. Esse tipo de utilização dos créditos é chamado de “autoconsumo remoto”.

No caso de condomínios (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras), a ANEEL ([2018B]), aborda que a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores. Existe ainda a figura da “geração compartilhada”, que possibilita diversos interessados se unirem em um consórcio ou em uma cooperativa, instalarem uma micro ou minigeração distribuída e utilizarem a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados.

Com relação aos procedimentos necessários para conectar a micro ou minigeração distribuída à rede da distribuidora, foram instituídos formulários padrão para realização da solicitação de acesso pelo consumidor. O prazo total para a distribuidora conectar usinas de até 75 kW é de até 34 dias. Desde janeiro de 2017, os consumidores podem fazer a solicitação e acompanhar o andamento de seu pedido junto à distribuidora pela internet, afirma a Assessoria de Imprensa da ANEEL ([2018B]).

3.2.1 Fontes de energia renováveis

Como afirma o EPE ([2019]), as fontes de energia que pertencem a este grupo são consideradas inesgotáveis, pois suas quantidades se renovam constantemente ao serem usadas. São exemplos de fontes renováveis: hídrica (energia da água dos rios), solar (energia do sol), eólica (energia do vento), biomassa (energia de matéria orgânica), geotérmica (energia do interior da Terra), oceânica (energia das marés e das ondas) e hidrogênio (energia química da molécula de hidrogênio).

Algumas dessas fontes apresentam variação na geração de energia elétrica ao longo do dia ou do ano, como é o caso da eólica, que não é usada quando não há ventos e a energia solar, à noite. No caso da fonte hídrica, podem ocorrer estiagens (secas).

As fontes renováveis de energia são consideradas limpas, pois emitem menos gases de efeito estufa (GEE) que as fontes fósseis e, por isso, estão conseguindo uma boa inserção no mercado brasileiro e mundial.

3.2.1.1 Energia Hidráulica

O EPE ([2019]) explana que a energia gerada por esta fonte vem do aproveitamento da água dos rios. Nas usinas hidrelétricas, as águas movem turbinas que transformam a energia potencial (da água) em energia mecânica e, por fim, em elétrica.

Esta fonte é variável ao longo do ano, porque depende do quanto chove nas cabeceiras dos rios, afinal, é essa água que irá mover as turbinas. Também deve-se considerar que, para que haja bom funcionamento de uma usina hidrelétrica, a ação de conservação ambiental na bacia hidrográfica é essencial.

3.2.1.2 Energia Solar

O EPE ([2019]) aborda também a energia solar que é uma fonte inesgotável que pode ser aproveitada na forma de calor ou na forma de luz.

Para aproveitamento do calor, os raios do sol atingem a superfície dos painéis coletores térmicos, que aquecem a água no seu interior. A água quente pode ser utilizada nas residências (chuveiros, piscinas, torneiras, máquina de lavar, etc.), em processos industriais ou na geração de eletricidade.

A eletricidade pode ser gerada diretamente a partir da luz (nos painéis fotovoltaicos) ou através do aproveitamento do calor (na usina heliotérmica).

Nos painéis fotovoltaicos, a radiação solar (luz) interage com um material semicondutor (geralmente, o silício), gerando eletricidade diretamente. Os sistemas fotovoltaicos não geram eletricidade à noite. As áreas no Brasil com melhor incidência de radiação solar estão localizadas na região Nordeste. As usinas solares fotovoltaicas (formadas por um conjunto de painéis) precisam ser instaladas em áreas sem cobertura vegetal, portanto as áreas já desmatadas podem ser escolhidas, diminuindo a degradação do meio ambiente. Painéis (ou placas) solares também podem ser instalados em telhados de casas, shoppings e

estacionamentos. Isto é chamado de Geração Distribuída ou microgeração. O custo das placas solares ainda é elevado, mas está cada vez mais acessível no Brasil.

Nas usinas solares chamadas de usinas heliotérmicas é utilizada a energia solar concentrada. A energia solar concentrada é produzida com a ajuda de diversos espelhos que direcionam a energia do sol em um ponto para aquecer a água, que será transformada em vapor. Este vapor irá girar uma turbina, gerando eletricidade.

3.2.1.3 Energia Eólica

Agora o EPE ([2019]) defende a energia eólica, que é obtida através do aproveitamento do vento, através dos movimentos das massas de ar. Para transformar a energia dos ventos em energia elétrica são usados aerogeradores, que possuem imensas hélices que se movimentam de acordo com a quantidade de vento no local.

Essas hélices, em geral, possuem o tamanho de uma asa de avião e são instaladas em torres de até 150 metros de altura. Uma usina eólica utiliza um recurso energético renovável e não polui a atmosfera durante sua operação.

Esta fonte só pode ser aproveitada nos momentos em que há vento suficiente. No sul e no nordeste do Brasil, os ventos são abundantes e permitem a instalação de vários “parques eólicos” (conjuntos de aerogeradores; equivalentes às usinas). Mas deve-se tomar cuidado ao instalar parques eólicos em locais que ofereçam muito risco às aves, que podem bater nas hélices dos aerogeradores. Também se deve cuidar para não prejudicar os ambientes naturais com as obras para implantação do parque.

3.2.1.4 Biomassa

Toda a matéria vegetal e orgânica existente, biomassa, pode ser utilizada na produção de energia, ressalta o EPE ([2019]). A lenha, bagaço de cana-de-açúcar, cavaco de madeira, resíduos agrícolas, algas, restos de alimentos e até excremento animal que, após sua decomposição, produzem gases que são usados para gerar energia.

A biomassa também pode ser queimada diretamente, como no fogão a lenha, para aproveitamento do calor. Ou ainda pode ser utilizada para aquecer água e produzir vapor em alta pressão, que é usado para acionar turbinas e geradores elétricos.

No Brasil, a biomassa mais utilizada para geração de eletricidade atualmente é oriunda da cana-de-açúcar, plantada e processada principalmente nas regiões Sudeste e Centro-oeste.

Biocombustíveis – a biomassa pode também originar compostos tais como álcool (etanol), óleos vegetais e gorduras, que são processados e usados como combustíveis. Os materiais mais usados vêm da soja, cana-de-açúcar, mamona e milho. Assim como para a biomassa, a produção de biocombustíveis ocorre principalmente nas regiões Sudeste e Centro-oeste.

O cultivo de produtos agrícolas usados como fonte de geração de energia requer cuidados conservacionistas, como: evitar o desmatamento de áreas naturais para iniciar novas áreas de plantio, uso controlado de agrotóxicos e fertilizantes e controle de resíduos.

3.2.1.5 Energia Geotérmica

O EPE ([2019]) acrescenta que a energia geotérmica ou energia geotermal (do grego geo: terra; térmica: calor) é a energia obtida do calor presente no interior da Terra. Circundando o núcleo existe uma camada chamada manto que é formada por magma (semelhante à lava dos vulcões) e rocha, e a última camada, mais externa é a crosta terrestre, onde habitamos.

A crosta terrestre tem espessura variável e é fraturada em vários "pedaços" (fissuras), conhecidos como placas tectônicas. O magma formado no manto pode emergir para a superfície próximo dos limites dessas placas, como por exemplo, em erupções vulcânicas. Essas rochas que absorvem o calor do magma estão em alta temperatura, aquecendo também as águas subterrâneas que podem emergir como gêiseres (nascente termal ou minas de água quente).

Para a geração elétrica, perfura-se o subsolo onde há grande quantidade de vapor e água quente, os quais devem ser retirados por dutos e conduzidos a um gerador na superfície da terra para a transformação da energia geotérmica em elétrica. É uma fonte de energia renovável porque o calor é produzido continuamente nessas camadas internas da Terra.

Esta fonte é utilizada geralmente em regiões com alta atividade vulcânica ou encontros de placas tectônicas. São exemplos os países: Islândia, Itália e Estados Unidos.

3.2.1.6 Energia Oceânica

O EPE ([2019]) fundamenta que a energia gerada a partir desta fonte vem dos oceanos, de onde se aproveita o movimento das águas. Essa energia pode vir das ondas, das marés e das correntes marinhas, transformando a energia mecânica dos oceanos em energia elétrica. O aproveitamento dessa fonte ainda está em desenvolvimento, havendo poucas usinas em operação no mundo.

Para o aproveitamento desta energia, é construída uma barragem em locais de grande amplitude de maré, onde a passagem da água gira uma turbina, transformando a energia cinética em eletricidade (maremotriz).

De maneira muito similar ao que ocorre numa usina eólica, o movimento da corrente marinha gira uma turbina, transformando energia cinética em eletricidade.

O movimento das ondas provoca oscilação de cilindros internos. Esses cilindros pressionam óleo a passar por motores. A rotação desses motores aciona geradores elétricos, produzindo eletricidade.

O movimento das ondas empurra os flutuadores para cima e para baixo e permite acumular água sob alta pressão numa câmara interna. Essa câmara libera jatos d'água sobre uma turbina ligada a um gerador de eletricidade. Dessa forma, há transformação da energia cinética das ondas em energia elétrica.

3.2.1.7 Hidrogênio

O EPE ([2019]) explica que o hidrogênio é o menor elemento químico conhecido e está muito presente no nosso dia-a-dia, principalmente combinado com outros elementos, formando, por exemplo, água, plásticos, pães, seres vivos, etc. Já sua forma pura, gasosa, encontra-se em pequena quantidade na atmosfera. O hidrogênio para ser uma fonte de energia, precisa ser gerado, por isso, ele é considerado uma fonte secundária de energia e não é naturalmente repostado pela natureza.

Atualmente, o hidrogênio é aplicado como matéria prima na síntese de diversos produtos e seu uso como fonte combustível ainda está em desenvolvimento. O processo de geração de energia ocorre a partir da reação do hidrogênio com oxigênio, produzindo calor sem a emissão de poluentes atmosféricos e geração de resíduos. Além disso, o hidrogênio pode também ser convertido em eletricidade por meio de células combustíveis.

As células combustíveis são equipamentos nos quais ocorre uma reação química semelhante à que ocorre em pilhas e baterias, mas nas células combustíveis, deve-se sempre fornecer hidrogênio, seja na forma pura ou em um composto (geralmente gasoso ou líquido) rico nesse elemento.

Dentro da célula combustível o hidrogênio se separa em duas partes: uma delas se associa ao oxigênio (gás importante para a nossa respiração), liberando calor e tendo como produto a água; a outra parte do hidrogênio, passa por um fio metálico, gerando a corrente elétrica.

No entanto, para obter hidrogênio na sua forma gasosa, deve-se utilizar energia. O hidrogênio pode ser produzido a partir de várias fontes e a forma mais comum é a partir de combustíveis fósseis, como o gás natural e carvão mineral. Pesquisas tentam viabilizar sua obtenção a partir da quebra das moléculas de água usando eletricidade de fontes renováveis (solar, vento) e também a partir da biomassa.

3.3 GÁS NATURAL

O Gás Natural é um combustível fóssil que pode ou não estar associado ao petróleo, originado da decomposição de material orgânico. É uma energia moderna e versátil utilizada em indústrias, no comércio, em residências e em veículos. É considerado o mais limpo dos combustíveis fósseis, o gás natural possui características que favorecem uma maior durabilidade aos equipamentos que o utilizam e reduzem os impactos ambientais. Esta modernidade traduz-se em conforto, economia, comodidade e segurança aos seus usuários, tudo isso com respeito ao meio ambiente. (SCGÁS 2019)

Ele é encontrado na natureza através de pesquisas e escavações de poços, e normalmente como uma camada sobre a massa de petróleo, ou em bolsões exclusivamente com gás natural, sem a presença de petróleo.

Sua composição, quadro 2, é caracterizada pela mistura de hidrocarbonetos leves entre os quais se destaca o metano (CH_4), que se localiza no subsolo da terra e é procedente da decomposição da matéria orgânica espalhada entre os extratos rochosos, produz uma combustão limpa, que emite menor quantidade de dióxido de carbono na atmosfera. Tudo isso faz do gás natural um combustível altamente valorizado e utilizado em todo o mundo.

O gás natural é uma energia carente de enxofre e a sua combustão é completa, liberando como produtos da mesma o dióxido de carbono (CO₂) e vapor de água, sendo os dois componentes não tóxicos, o que faz do gás natural uma energia ecológica e não poluente.

Para ser comercializado no Brasil, o gás natural precisa seguir as especificações da Resolução ANP N° 16, de 17.6.2008 - DOU 18.6.2008, da Agência Nacional do Petróleo.

Quadro 2 - Propriedades e Características do Gás Natural

PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS	
Poder calorífico superior (PCS) a 0°C e 1 atm	35.000 a 43.000 kJ/m ³
Índice de Wobbe	46.500 a 53.500 kJ/m ³
Número de metano	65 (mínimo)
Metano	85,0% em volume (mínimo)
Etano	12,0% em volume (máximo)
Propano	6,0% em volume (máximo)
Butano e mais pesados	3,0% em volume (máximo)
Oxigênio	0,5% em volume (máximo)
Inertes (N ₂ + CO ₂)	6,0% em volume (máximo)
CO ₂	3,0% em volume (máximo)
Enxofre total	70 mg/m ³ (máximo)
Gás Sulfídrico (H ₂ S)	10 mg/m ³ (máximo)
Ponto de orvalho de água a 1 atm	-45 °C (máximo)
Ponto de orvalho de hidrocarbonetos a 4,5 MPa	0 °C (máximo)

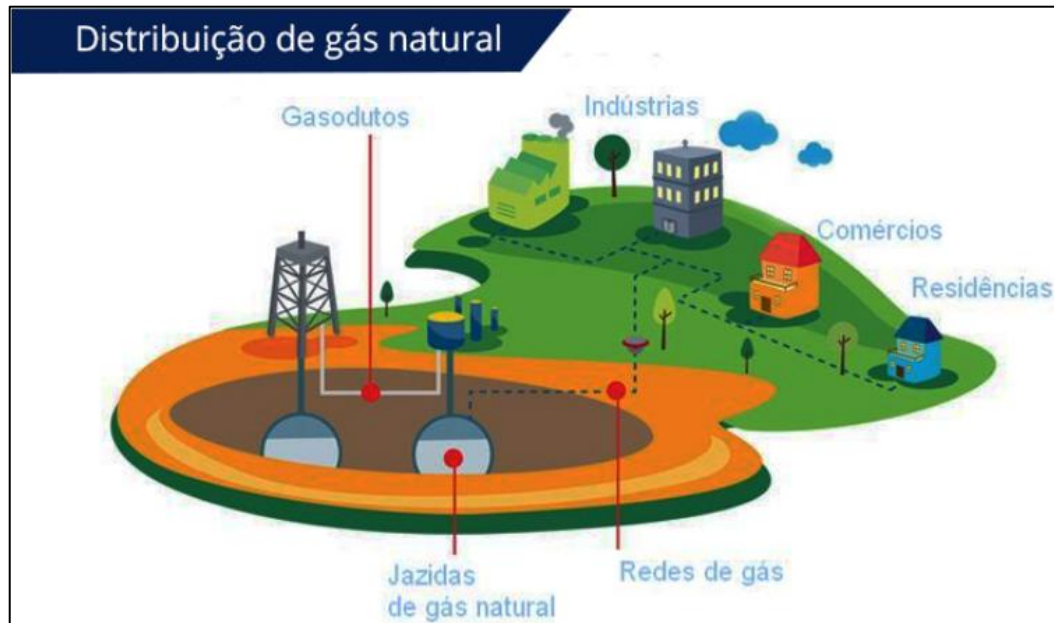
Fonte: SCGÁS, 2019.

3.3.1 Distribuição do Gás Natural

O Gás Natural é gerado nas jazidas de gás e a distribuição é feita por uma rede de dutos, normalmente subterrâneos, chamados gasodutos, até os consumidores finais que são as indústrias, comércios e residências, como ilustra a Figura 1. A distribuição existente pelo país é limitação da utilização desta fonte de energia, para fins dos processos de geração de energia elétrica e técnica. A rede existente possui conexões com outros países e possibilita a

importação e a exportação do gás natural, porém existe uma grande área territorial que não é atendida pelos gasodutos.

Figura 1 - Distribuição do Gás Natural



Fonte: Estação do Gás, 2019.

Figura 2 - Rede de Distribuição de Gás Natural em SC



Fonte: SCGÁS, 2019.

Pode-se observar no site da Companhia de Gás de Santa Catarina SCGÁS, um mapa da rede de distribuição de Gás Natural no Estado de Santa Catarina, nele é possível verificar que a cobertura da rede ainda é pequena em relação a todo território do estado, ela percorre todo o litoral, Vale do Itajaí e Serra Catarinense como se observa na figura 2 (SCGÁS, 2019).

3.3.2 Segurança do Gás Natural

Segundo a SCGÁS (2019), diversos motivos fazem do Gás Natural um combustível muito seguro:

- É distribuído de forma canalizada, eliminando a necessidade de estocagem e evitando acidentes;
- É mais leve que o ar, dispersando-se rapidamente na atmosfera em caso de vazamento;
- O gás natural não possui cheiro, por isso, antes de ser comercializado, passa por um processo de odorização, para facilitar a sua rápida identificação no caso de vazamento;
- Para que o gás natural se inflame, é preciso que seja submetido a uma temperatura superior a 620°C, enquanto que o álcool se inflama a 200°C e a gasolina a 300°C;
- Para ser comercializado, o gás natural precisa cumprir as especificações do Regulamento Técnico da Agência Nacional de Petróleo (ANP), que determina teores extremamente baixos de umidade, dióxido de carbono e compostos de enxofre. Com isso, o gás natural não provoca corrosão no interior das tubulações, aumentando sua vida útil e diminuindo os riscos de vazamentos.

Por ser mais leve que o ar, o gás natural se dissipa com facilidade. As instalações de gás natural devem ser vistoriadas seguindo as principais normas de segurança brasileiras (ANP) para uso de gás canalizado.

Por isso é importante que o consumidor esteja sempre atento às condições do equipamento e a sua utilização seja cautelosa para evitar acidentes. A cada dois anos,

instalações e equipamentos a gás devem ser vistoriados. Na ocorrência de qualquer problema, como vazamento ou desgaste, por exemplo, o reparo deve ser imediato.

Apesar de não ser um elemento tóxico, o gás natural contém monóxido de carbono, que é um produto da combustão de combustíveis fósseis e na ausência de uma ventilação adequada, se acumula e pode ser tóxico aos seres humanos e animais.

Por essa razão, o gás natural que não tem cheiro, recebe um odorizante químico que tem um odor característico para que possa ser detectado facilmente em caso de vazamento. Quando as condições de ventilação e o estado de manutenção dos aparelhos a gás estão em ordem, a utilização do gás natural não representa riscos ao organismo.

3.4 GERAÇÃO TÉRMICA A GÁS NATURAL

Conforme Romeiro ([2018]), nos últimos anos, o gás natural se firmou como a maior fonte de geração termelétrica no Brasil, se constituindo como principal energético complementar à geração hidráulica predominante. O parque gerador a gás conectado ao Sistema Interligado Nacional (SIN) conta com 12,5 GW instalados, com a maior parte da potência concentrada na região Sudeste/Centro-Oeste do país. O protagonismo do gás deve perdurar nos próximos anos, tendo em vista os projetos vencedores nos últimos leilões de energia nova (LEN) e o planejamento indicativo dos Planos Decenais de Expansão de Energia (PDE) elaborados pela EPE – Empresa de Pesquisa Energética.

Enquanto que a demanda de gás para geração termelétrica se amplia, a demanda dos demais segmentos está estagnada desde 2011 em torno de 51 MMm³/d (milhões de metros cúbicos por dia). A malha de gasodutos de transporte também não se expandiu neste período, permanecendo em 9,4 mil km de extensão, espalhada principalmente na costa continental do país. Neste contexto, a expansão térmica já contratada nos últimos LEN, que deve acrescentar ao menos 5,5 GW de potência ao parque gerador, não contribui para a expansão da infraestrutura de transporte, pois as novas centrais serão instaladas principalmente no porto, em novos terminais de regaseificação.

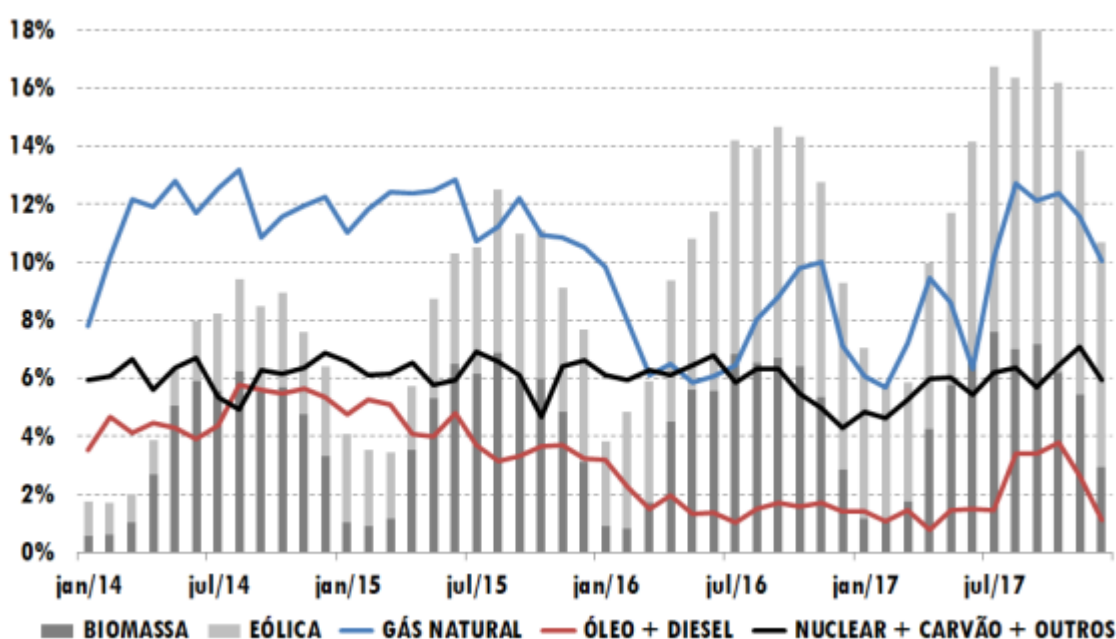
O autor ressalta que mais do que gás para crescer, o país precisa desenvolver a indústria do gás como um todo, tirando proveito da demanda térmica para suprir os demais segmentos de consumo. O objetivo do artigo é contrastar a rota de expansão em curso com a oportunidade aberta de ampliar os transbordamentos da expansão térmica para os demais segmentos e mercados. A próxima seção apresenta em mais detalhes a tendência de expansão

atual, a seguinte discute o planejamento indicativo e a última identifica os desafios presentes no protagonismo atual da geração térmica a gás no país.

3.4.1 Protagonismo da Geração Térmica a Gás Natural

Embora o parque gerador térmico a gás natural represente apenas 7,5% dos 164 GW instalados no SIN (CCEE, 2018a), a sua participação relativa na geração de energia já alcança 13% nos momentos de maior despacho (Gráfico 5). A participação somada dos demais combustíveis para geração térmica (carvão, nuclear, óleo, diesel e outros) não supera a contribuição do gás nos períodos de pleno despacho. Nos períodos secos (entre abril e novembro), de menor disponibilidade hídrica e maior incidência de vento e oferta de biomassa, a participação do gás na geração ainda se mantém próxima à contribuição individual da eólica e da biomassa, cuja contribuição conjunta já alcançou 18% em agosto de 2017. A tendência é ampliar a participação destas fontes nesses períodos, com destaque para a penetração da eólica na matriz, que deve dobrar a potência instalada atual (12,5 GW) nos próximos cinco anos (EPE, 2017), afirma ROMEIRO ([2018]).

Gráfico 5 - Participação relativa das fontes complementares à hidráulica na geração de energia (%)

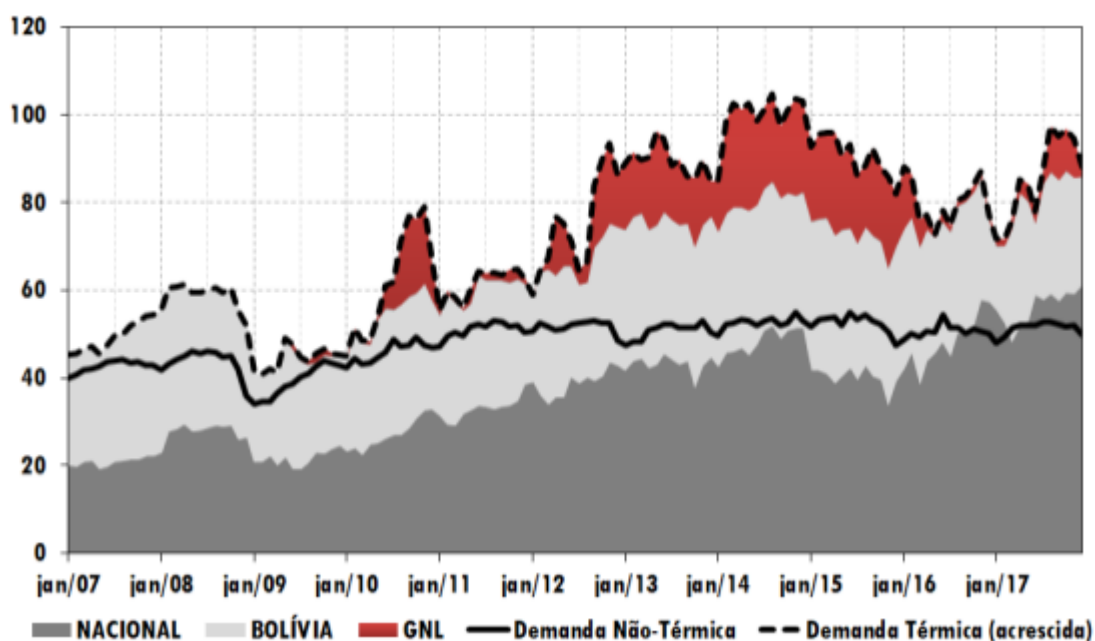


Fonte: CCEE, 2018.

Enquanto que a demanda de gás para geração termelétrica se ampliou significativamente desde 2011, a demanda dos demais segmentos ficou estagnada em torno de 51 MMm³/d (Gráfico 2). A demanda térmica saltou de 10 MMm³/d em 2011 para 50 MMm³/d em 2014, registrando média de 30 MMm³/d entre 2011 e 2017. Embora tenham aumentado a frequência, o volume e a duração do despacho térmico, a variabilidade e a imprevisibilidade da geração ainda permanecem elevadas.

Romeiro ([2018]) também ressalta que entre 2011 e 2017, a oferta de gás nacional líquida disponível ao mercado cresceu 70%, alcançando 61 MMm³/d em dezembro de 2017. A importação da Bolívia foi suficiente para suprir a demanda doméstica nos períodos em que o despacho térmico esteve próximo da média. Porém, o despacho integral do parque térmico (50 MMm³/d) requereu importação de GNL para fechar o balanço. Entre 2009 e 2014, a Petrobras implantou três terminais de regaseificação com capacidade conjunta de 41 MMm³/d. O aporte médio mensal máximo já registrado de GNL no sistema foi de 24 MMm³/d em maio de 2014. Desde 2017, o despacho térmico mais elevado foi suprido com menor importação de GNL em relação aos anos anteriores. O aumento significativo da produção nacional e a maior liberdade contratual nos últimos anos do contrato com a Bolívia, que permite postergação do volume de *take-or-pay*, colaboraram para este resultado. No gráfico 6 está apresentado o perfil de oferta e demanda no balanço nacional de gás natural (milhões m³/d), onde se percebe o aumento da demanda.

Gráfico 6 - Perfil de oferta e demanda no balanço nacional de gás natural (milhões m³/d)



Fonte: Elaboração própria com dados do MME, 2018.

3.5 LEGISLAÇÃO SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

De acordo com a ANEEL ([2015]), desde 17 de abril de 2012, quando entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Trata-se da micro e da minigeração distribuídas de energia elétrica, inovações que podem aliar economia financeira, consciência socioambiental e autossustentabilidade.

Os estímulos à geração distribuída se justificam pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. Entre eles, estão o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética.

Com o objetivo de reduzir os custos e tempo para a conexão da microgeração e minigeração; compatibilizar o Sistema de Compensação de Energia Elétrica com as Condições Gerais de Fornecimento (Resolução Normativa nº 414/2010); aumentar o público alvo; e melhorar as informações na fatura, a ANEEL ([2015]) publicou a Resolução Normativa nº 687/2015 revisando a Resolução Normativa nº 482/2012.

3.5.1 Principais inovações

Segundo as novas regras, que começaram a valer em 1º de março de 2016, é permitido o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW, conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes. De acordo com as novas regras, o prazo de validade dos créditos passou de 36 para 60 meses, sendo que eles podem também ser usados para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que na área de atendimento de uma mesma distribuidora. Esse tipo de utilização dos créditos foi denominado “autoconsumo remoto”.

Outra inovação da norma diz respeito à possibilidade de instalação de geração distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras). Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores.

A ANEEL ([2015]) criou ainda a figura da “geração compartilhada”, possibilitando que diversos interessados se unam em um consórcio ou em uma cooperativa, instalem uma micro ou minigeração distribuída e utilizem a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados.

Com relação aos procedimentos necessários para se conectar a micro ou minigeração distribuída à rede da distribuidora, a ANEEL ([2015]) estabeleceu regras que simplificam o processo: foram instituídos formulários padrão para realização da solicitação de acesso pelo consumidor e o prazo total para a distribuidora conectar usinas de até 75 kW, que era de 82 dias, foi reduzido para 34 dias. Adicionalmente, a partir de janeiro de 2017, os consumidores poderão fazer a solicitação e acompanhar o andamento de seu pedido junto à distribuidora pela internet.

3.5.2 Crédito de energia

A ANEEL ([2015]) estabeleceu que em caso a energia injetada na rede seja superior à consumida, cria-se um “crédito de energia” que não pode ser revertido em dinheiro, mas pode ser utilizado para abater o consumo da unidade consumidora nos meses subsequentes ou em outras unidades de mesma titularidade (desde que todas as unidades estejam na mesma área de concessão), com validade de 60 meses.

Um exemplo é o da microgeração por fonte solar fotovoltaica: de dia, a “sobra” da energia gerada pela central é passada para a rede; à noite, a rede devolve a energia para a unidade consumidora e supre necessidades adicionais. Portanto, a rede funciona como uma bateria, armazenando o excedente até o momento em que a unidade consumidora necessite de energia proveniente da distribuidora.

3.5.3 Condições para a adesão

Compete ao consumidor a iniciativa de instalação de micro ou minigeração distribuída – a ANEEL ([2015]) não estabelece o custo dos geradores e tampouco eventuais

condições de financiamento. Portanto, o consumidor deve analisar a relação custo/benefício para instalação dos geradores, com base em diversas variáveis: tipo da fonte de energia (painéis solares, turbinas eólicas, geradores a biomassa, etc), tecnologia dos equipamentos, porte da unidade consumidora e da central geradora, localização (rural ou urbana), valor da tarifa à qual a unidade consumidora está submetida, condições de pagamento/financiamento do projeto e existência de outras unidades consumidoras que possam usufruir dos créditos do sistema de compensação de energia elétrica.

Por fim, é importante ressaltar que, para unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo B), ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será devido o pagamento referente ao custo de disponibilidade – valor em reais equivalente a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico). Já para os consumidores conectados em alta tensão (grupo A), a parcela de energia da fatura poderá ser zerada (caso a quantidade de energia injetada ao longo do mês seja maior ou igual à quantidade de energia consumida), sendo que a parcela da fatura correspondente à demanda contratada será faturada normalmente.

Podem ser obtidas mais informações sobre o assunto nos seguintes documentos ANEEL ([2015]):

- Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL - Projeções 2017;
- Caderno Temático Micro e Minigeração Distribuída - 2ª edição;
- Guia de Microgeradores Fotovoltaicos (Instituto Ideal, com apoio da ANEEL);
- Guia de Microgeradores Eólicos (Instituto Ideal, com apoio da ANEEL);
- Guia de Perguntas e Respostas;
- Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012;
- Módulo 3 do PRODIST (ver Seção/modulo-3 3.7);
- Unidades Consumidoras com Geração Distribuída.

3.6 REGRAS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NA CELESC

A SC Mais Energia ([2019]) descreve que a comercialização de energia, regulamentada pelo Decreto Nº 5.163 de 30 de julho de 2004, é a compra e venda de energia elétrica entre concessionários, permissionários e autorizados de serviços e instalações de energia elétrica, bem como destes com seus consumidores no Sistema Interligado Nacional – SIN, nos Ambientes de Contratação Regulada ou Livre.

A Celesc S.A. – Centrais Elétricas de Santa Catarina, empresa da qual o Governo de Santa Catarina é o acionista majoritário, atua tanto no ambiente de contratação regulado, quanto no ambiente de contratação livre, por meio de suas subsidiárias Celesc Distribuição e Celesc Geração, respectivamente.

3.6.1 Ambiente de Contratação Regulada – ACR

A SC Mais Energia ([2019]) cita que no segmento do mercado no qual se realizam as operações de compra e venda de energia elétrica entre agentes vendedores e agentes de distribuição, precedidas de licitação, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos.

A Celesc Distribuição deve garantir o atendimento a cem por cento de seu mercado de energia elétrica por intermédio de contratos registrados na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE e, quando for o caso, aprovados, homologados ou registrados pela ANEEL. No cumprimento de sua obrigação, poderá ser contratada energia proveniente de geração distribuída.

Considera-se geração distribuída a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente de empreendimento:

- I - Hidrelétrico com capacidade instalada superior a 30 MW;
- II - Termelétrico, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a setenta e cinco por cento.

A SC Mais Energia ([2019]) comenta que nos empreendimentos termelétricos que utilizem biomassa ou resíduos de processo como combustível não estarão limitados ao percentual de eficiência energética prevista acima.

O aproveitamento de potenciais elétricos iguais ou inferiores a 3.000 kW (três mil quilowatts) e a implantação de usinas termoelétricas de potência igual ou inferior a 5.000 kW (cinco mil quilowatts) estão dispensadas de concessão, permissão ou autorização.

A contratação de energia elétrica proveniente de empreendimentos de geração distribuída será precedida de chamada pública promovida diretamente pela Celesc Distribuição, de forma a garantir publicidade, transparência e igualdade de acesso aos interessados, e o montante total não poderá exceder a dez por cento de sua carga.

Os contratos bilaterais, denominados Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado – CCEAR, celebrados entre cada empreendimento de geração proveniente de fontes alternativas e a Celesc Distribuição, deverão prever o prazo mínimo de dez e máximo de trinta anos, e o preço teto de compra da energia é o VR – Valor Anual de Referência, calculado pela ANEEL conforme Art. 34 do Decreto 5.163/2004.

Está em andamento na EPE, ligada ao Ministério de Minas e Energia, estudos de novos valores de VR, mais competitivos, por fonte e região geográfica.

3.6.2 Ambiente de Contratação Livre – ACL

A SC Mais Energia ([2019]) comenta que o modelo ACL é exercido no segmento do mercado no qual se realizam as operações de compra e venda de energia elétrica, objeto de contratos bilaterais livremente negociados, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos.

A Celesc Geração deve apresentar lastro para a venda de energia para garantir cem por cento de seus contratos com consumidores finais. Esse lastro será constituído pela garantia física proporcionada por empreendimento de geração próprio ou de terceiros, neste caso, mediante contratos de compra de energia.

A garantia física de energia de um empreendimento de geração, definido pelo Ministério de Minas e Energia em ato específico, corresponderá à quantidade máxima de energia associada ao empreendimento que poderá ser utilizada para comprovação de lastro próprio para comercialização por meio de contratos.

A compra de energia efetuada pela Celesc Geração deverá ser precedida de chamada pública, observando critérios de transparência, publicidade e garantia de acesso a todos os interessados.

No Programa Catarinense de Energias Limpas, SC Mais Energia ([2019]), a Celesc S.A. atuará promovendo leilões de compra de energia pela Celesc Distribuição e/ou pela Celesc Geração, fornecendo os contratos de compra e venda de energia, ou PPAs (Power Purchase Agreements), necessários para a contratação de financiamento junto ao BRDE e ao BADESC.

3.6.3 Consumidores no Ambiente de Contratação Livre – ACL

A SC Mais Energia ([2019]) afirma que os Consumidores Livres e Especiais poderão participar do programa como compradores de energia elétrica no Ambiente de Contratação Livre, tendo como vantagens a aquisição de energia limpa, renovável, gerada em Santa Catarina e competitiva financeiramente.

3.6.4 Conexão ao Sistema Elétrico

A SC Mais Energia ([2019]) conceitua que a distribuição de energia elétrica é um serviço público, no qual o Poder Concedente, representado pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), cumpre a função legal de regular, fiscalizar e atuar sobre as concessionárias de distribuição de energia elétrica, para que o mercado de energia se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade.

Dentre as definições da legislação do setor elétrico acerca da conexão de empreendimentos de geração de energia ao sistema, destaca-se, entre outros, o PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional), cujo Módulo 3 trata exclusivamente do Acesso ao Sistema de Distribuição.

Neste módulo ficam estabelecidas as condições, critérios, requisitos de projeto, responsabilidades e etapas para o processo de conexão de unidades geradoras ao sistema elétrico. Os agentes de geração de energia, dependendo de suas características e finalidades, são classificados como Produtores Independentes de Energia Elétrica ou Autoprodutores de Energia Elétrica – PIEA, estes últimos podendo produzir energia para seu próprio consumo, ou receber autorização para comercializar a energia excedente em suas unidades consumidoras.

As PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas), com potência instalada até 30 MW, e as CGHs (Centrais Geradoras Hidrelétricas), com potência instalada até 3 MW, além de pequenas usinas eólicas ou térmicas, são normalmente caracterizadas como Geração Distribuída, já que injetam sua energia diretamente no sistema elétrico da Distribuidora, em pontos do sistema mais próximos ao consumo.

Em 17 de abril de 2012 a ANEEL, visando estimular o desenvolvimento de energias renováveis no país, principalmente de fonte solar, publicou a Resolução Normativa N°482/2012, sendo um marco no setor elétrico, estabelecendo os conceitos de micro e mini geração distribuída, além do sistema de compensação de energia elétrica.

A SC Mais Energia ([2019]) comenta que atualmente o sistema elétrico da Celesc Distribuição é composto por 161 subestações e cerca de 155 mil quilômetros de redes elétricas, contemplando a alta tensão (69 kV e 138 kV), média tensão (13,8 kV, 23 kV e 34,5 kV) e baixa tensão (380/220 V).

Interligadas ao sistema elétrico da Celesc Distribuição operam hoje 118 pequenas usinas hidráulicas e eólicas, na modalidade de PIEA, totalizando cerca de 860 MW em potência instalada. Os microgeradores solares totalizam 41 empreendimentos em operação, com cerca de 330 kW_{pico} de potência instalada.

A geração distribuída constitui-se num desafio técnico à distribuidora de energia, já que a conexão destes agentes, cada vez mais numerosos, não pode ocasionar prejuízos à operação do sistema, nem comprometer a segurança de pessoas e instalações, e deve-se manter a qualidade da energia ao mercado consumidor.

No Programa Catarinense de Energias Limpas, SC Mais Energia ([2019]), a Celesc Distribuição atuará em parceria com o Governo do Estado de Santa Catarina, visando a implantação de empreendimentos de geração de energia elétrica em pontos do sistema elétrico tecnicamente mais favoráveis, além do estímulo à conexão consorciada entre acessantes, reduzindo custos de implantação, otimizando investimentos e cumprindo as determinações da legislação setorial.

3.6.5 Sobre o Processo de Conexão de PCHs

A SC Mais Energia ([2019]) ainda afirma que conforme as determinações do PRODIST, o processo de conexão de usinas ao sistema elétrico compreende quatro etapas principais. Primeiramente, o empreendedor deve realizar uma “Consulta de Acesso”, encaminhando os dados da usina à distribuidora de energia, com o objetivo de verificar a viabilidade da conexão ao sistema. De posse das informações do empreendimento (potência, localização, diagramas, características gerais, etc), a Celesc emitirá um documento denominado “Informação de Acesso”. Neste documento, serão indicados um ou mais possíveis pontos de conexão para o empreendedor, informando distâncias e características da rede onde a usina poderá se conectar para escoar a energia produzida.

A Informação de Acesso é o documento que o empreendedor deve encaminhar à ANEEL, como um dos requisitos para a obtenção do Ato Autorizativo da usina junto ao órgão regulador. Após a obtenção do referido ato, o empreendedor deve formalizar a intenção de

conexão ao sistema por meio de uma “Solicitação de Acesso”, com as informações, memoriais, diagramas e projetos executivos da usina. Como próxima etapa do processo prevista no PRODIST, a Celesc emitirá um documento denominado “Parecer Técnico de Acesso”, que reunirá todas as condições da conexão, as responsabilidades do empreendedor e da distribuidora, além das áreas da Celesc envolvidas nas análises técnicas.

Após a emissão do Parecer Técnico de Acesso e a concordância do empreendedor, o processo seguirá para a assinatura dos contratos (CUSD – Contrato de Uso do Sistema de Distribuição, CCD – Contrato de Conexão à Distribuição e Acordo Operativo), análise de projetos executivos, vistoria, testes e posterior liberação para energização.

No processo de conexão de usinas ao sistema elétrico, toda a documentação enviada pelo empreendedor à Celesc deve ser encaminhada à Agência Regional da Celesc responsável pelo atendimento ao município onde se situa a usina. Destacam-se ainda que a Celesc tem em seu site (www.celesc.com.br), no item Normas Técnicas, Conexão de Centrais Geradoras, a Instrução Normativa I-432.0003 (Requisitos Gerais para a Conexão de Autoprodutor e Produtor Independente de Energia à Rede da Celesc) que estabelece os requisitos e procedimentos para a conexão de usinas ao sistema elétrico, conclui a SC Mais Energia ([2019]).

3.7 COGERAÇÃO

Segundo a Associação da Indústria de Cogeração de Energia, o COGEN (2019), a Cogeração é definida como a produção simultânea e de forma sequenciada, de duas ou mais formas de energia a partir de um único combustível. O processo mais comum é a produção de eletricidade e energia térmica (calor ou frio) a partir do uso de gás natural e/ou de biomassa, entre outros.

No início do século XX não existiam sistemas de geração centralizados eficientes como grandes usinas hidrelétricas ou térmicas a carvão, fazendo com que consumidores de energia, principalmente indústrias, investissem em geração de energia elétrica distribuída, usando combustíveis fósseis ou biomassa. Ao implantar os sistemas de geração de energia distribuída, começou-se a avaliar as rejeições térmicas e a elaborar formas de aproveitar ao máximo a energia contida no combustível, gerando outras formas de energia útil como vapor, água quente, água gelada e até eletricidade, surgindo assim os primeiros sistemas de cogeração ao redor do mundo.

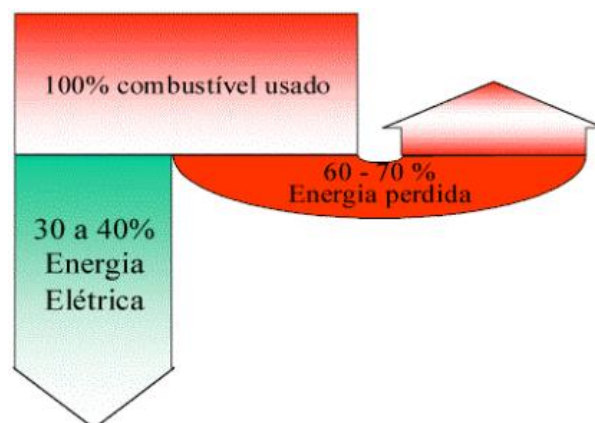
Por volta da década de 40, com o início da operação de grandes centrais hidrelétricas, com custo de geração relativamente menor do que o custo de geração distribuída e a interligação dos sistemas elétricos pelo país, estes processos de Cogeração foram perdendo espaço e tornando-se cada vez mais raros. Porém, com a crise sistêmica, que surgiu em vários países nas últimas décadas, por falhas de gestão de governamental, atrasos ou impossibilidade de licenciamentos ambientais, processos regulatórios complexos ou com implantações muito lentas, fez com que a geração e distribuição de energia elétrica não acompanhassem o crescimento econômico da maioria dos países, colapsando sistemas, tornando a geração de energia distribuída uma opção viável novamente (COGEN, 2019).

3.7.1 Eficiência de uma Cogeração

O INEE ([2019B]) comenta que por mais eficiente que seja um gerador termelétrico, a maior parte da energia contida no combustível usado para seu acionamento é transformada em calor, e cerca de 65% é perdida para o meio-ambiente. (Figura 3)

Trata-se de uma limitação física que independe do tipo de combustível (diesel, gás natural, carvão, etc.) ou do motor (a explosão turbina a gás ou a vapor etc.). Por esta razão, no máximo 40% da energia do combustível do diesel usado em um gerador podem ser transformados em energia elétrica.

Figura 3 - Antes da Cogeração



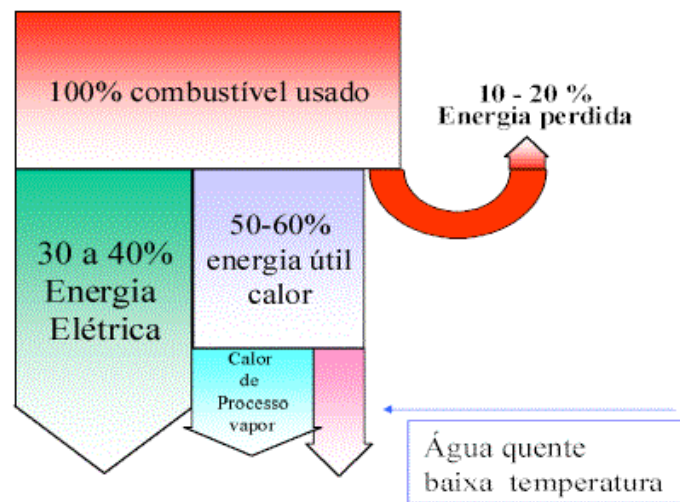
Fonte: INEE, 2019B.

O INEE ([2019B]) esclarece que, como muitas indústrias e prédios comerciais necessitam de calor (vapor ou água quente), foi desenvolvida uma tecnologia denominada

cogeração, em que o calor produzido na geração elétrica é usado no processo produtivo sob a forma de vapor.

A vantagem desta solução é que o consumidor economiza o combustível que necessitaria para produzir o calor do processo. A eficiência energética é desta forma, bem mais elevada, por tornar útil até 85% da energia do combustível. (Figura 4)

Figura 4 - Após a Cogeração



Fonte: INEE, 2019B.

Porém o INEE ([2019B]) alerta que o inconveniente da cogeração é que o calor só pode ser usado perto do equipamento, o que limita estas instalações a unidades relativamente pequenas se comparadas com os geradores das concessionárias.

Até meados do século XX, a cogeração chegou a ser muito usada nas indústrias, perdendo depois a competitividade para a eletricidade produzida pelas concessionárias nas grandes centrais geradoras com ganhos de escala. Assim, a cogeração ficou limitada a sistemas isolados (plataformas submarinas) e indústrias com lixos combustíveis (canavieira e de papel e celulose, por exemplo).

Nos últimos quinze anos, porém, um novo modelo do setor elétrico voltou a estimular a produção elétrica local que fosse mais eficiente e de baixo custo, levando ao aperfeiçoamento da tecnologia da cogeração, inclusive para pequeno porte.

No entendimento do INEE ([2019B]), a necessidade de reduzir emissões de CO₂ também incentivou a adoção deste processo eficiente. Hoje, na Holanda e na Finlândia, a cogeração já representa mais de 40% da potência instalada.

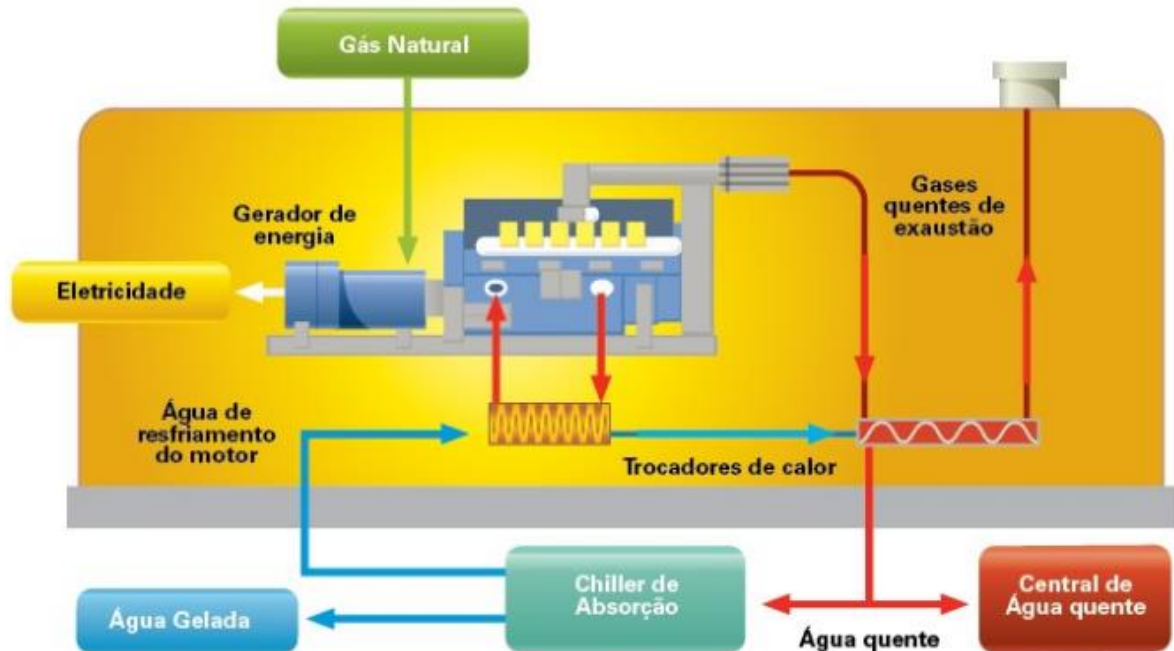
3.7.2 Cogeração de Energia

Togawa ([2019]) afirma que no que se trata de redução de custos com energia, uma opção que não pode ser deixada de lado é a Cogeração de Energia.

Conceitualmente, cogeração é a geração de duas ou mais formas de energia (tipicamente mecânica ou elétrica e calor) a partir de uma única fonte primária (combustível). Entre as aplicações mais comuns podemos citar um gerador à combustão interna para geração de energia e calor dos gases de exaustão para geração de vapor ou água gelada.

Nesse exemplo da Figura 5, o gerador utiliza um combustível, como gás natural, que, no processo de combustão, libera calor e expande, gerando trabalho, que movimenta um eixo acoplado a um gerador de energia elétrica. Os gases produtos da combustão são eliminados pela exaustão. Porém, antes de serem descartados na atmosfera, passam por uma caldeira de recuperação ou um *chiller* de absorção para geração de vapor ou água gelada, respectivamente.

Figura 5 - Exemplo de Cogeração



Fonte: COMGÁS, 2019.

O autor ilustra a combinação de geração de calor ao sistema de geração de energia elétrica permite o melhor aproveitamento da energia contida no combustível, em quase 30% (eficiência do sistema de geração elétrica ~65% à geração elétrica + geração de vapor ~85%).

Estrategicamente para uma empresa, além da melhor utilização dos recursos naturais, pode-se citar os seguintes benefícios:

- Gestão própria da geração de energia;
- Disponibilidade complementar à rede de distribuição;
- Redução da demanda elétrica, no caso de cogeração de água gelada;
- Redução da demanda no horário de ponta.

Aplicações de cogeração são mais comuns em usina de álcool e açúcar, pois o combustível utilizado (biomassa) é subproduto de sua produção, anteriormente descartado como lixo. No entanto, a cogeração vem se espalhando também em empresas de outros segmentos, principalmente em função do custo da energia elétrica e de limitações de distribuição.

Por fim Togawa ([2019]) destaca que no primeiro caso, as usinas são capazes de se auto sustentar e comercializar o excedente. Já no segundo, normalmente as indústrias apenas geram para o seu consumo ou complemento, sem comercializar.

3.8 REGIME DE OPERAÇÃO DE GERADORES

A norma ISO 8528-1 (2014) padroniza estes quatro regimes de operação para geradores de corrente alternada, a potência entregue dependerá exclusivamente do regime adotado, quanto mais a máquina é exigida menos potência ela vai entregar, desta forma o projeto é seguido e consequentemente a vida útil do gerador será o estipulado pelo fabricante.

3.8.1 Regime ESP (*Emergency Stand-by Power*)

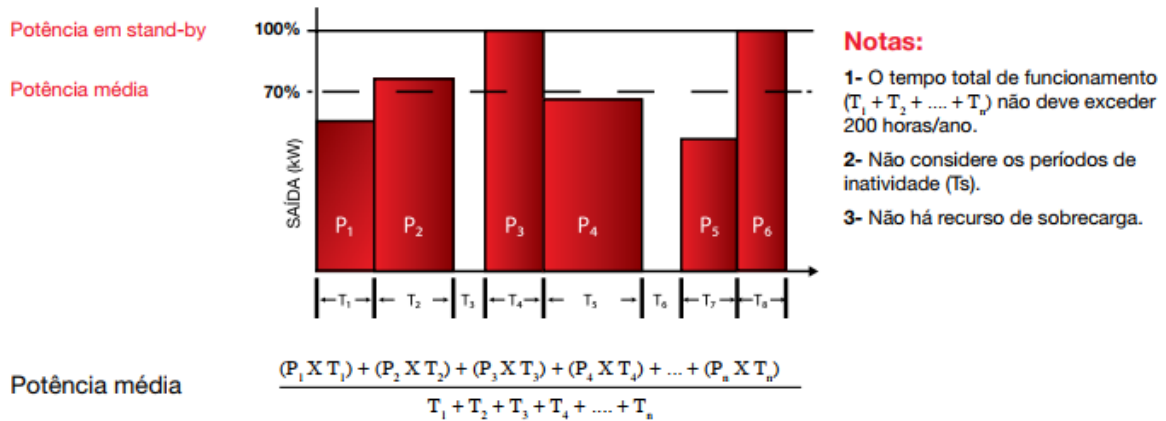
A principal aplicação para o regime *Stand-by* dos geradores é fornecer energia de emergência por um tempo limitado durante a falta de energia da concessionária.

O regime de Emergência *Stand-by* é a máxima potência que o gerador é capaz de fornecer para a carga limitada a 200 horas de funcionamento por ano. A potência média permitida para o funcionamento em um período de 24 horas é de 70% da potência *Stand-by*.

Resumindo, é a potência disponível (sob cargas variáveis) sem possibilidade de sobrecarga, por 200 horas/ano. O que pode ser visto no gráfico 7.

Gráfico 7 - Regime ESP (*Emergency Stand-by Power*)

Potência de emergência (stand-by) (ESP)



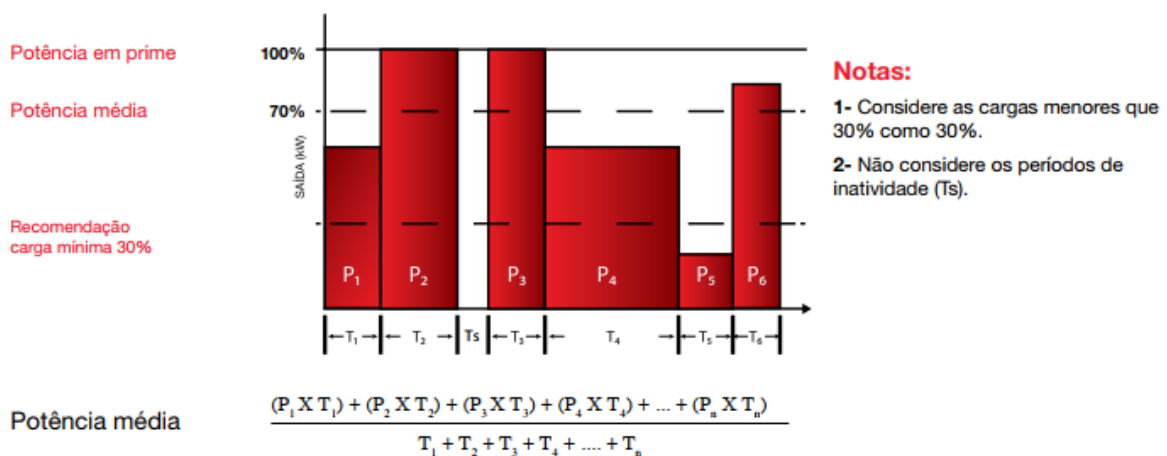
Fonte: Caderno Cummins, 2018.

3.8.2 Regime PRP (*Prime Power*)

Este regime é indicado para uso onde não há presença de rede comercial ou esta não é confiável, é também bastante utilizado por grandes consumidores de energia elétrica em funcionamento no horário de ponta quando o valor do kWh das concessionárias costuma ser três vezes ou mais do valor fora de ponta.

Gráfico 8 - Regime ESP (*Emergency Stand-by Power*)

Potência prime (PRP)



Fonte: Caderno Cummins, 2018.

O regime Prime é a máxima potência que o gerador é capaz de fornecer para uma carga variável por um número ilimitado de horas anuais, 24 horas 7 dias por semana (24/7), desde que aconteça as paradas previstas para manutenção, períodos de inatividade (T_s), que costuma ser a cada 250 horas. A potência média permitida para este regime é de 70% da potência Prime. Veja o Gráfico 8.

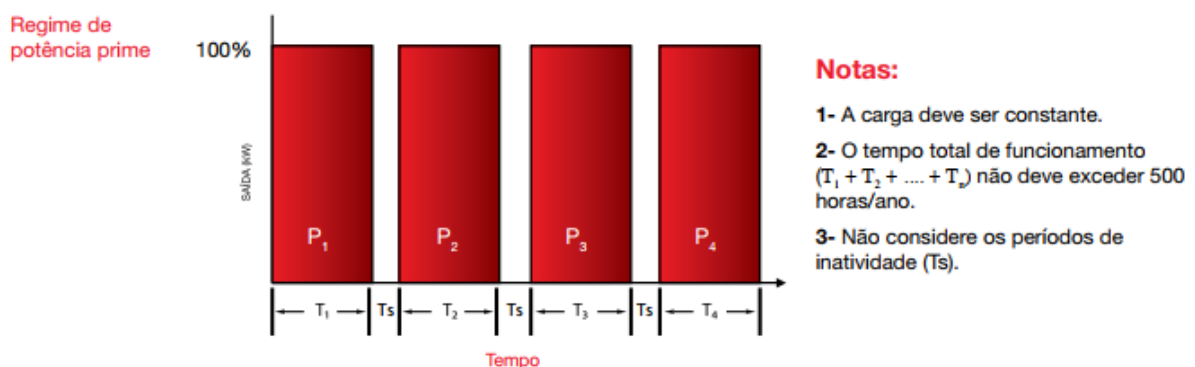
3.8.3 Regime LTP (*Limited-time running power*)

Este regime também é indicado para uso onde não há presença de rede comercial ou esta não é confiável, mas pode ser utilizado para aplicações de *base load* (cargas fixas e constantes).

O regime LTP é a máxima potência que o Gerador é capaz de fornecer para uma carga constante por um número limitado de 500 horas ano, sem possibilidade de sobrecarga. Veja o gráfico 9.

Gráfico 9 - Regime ESP (*Emergency Stand-by Power*)

Potência de operação por tempo limitado (LTP)



Fonte: Caderno Cummins, 2018.

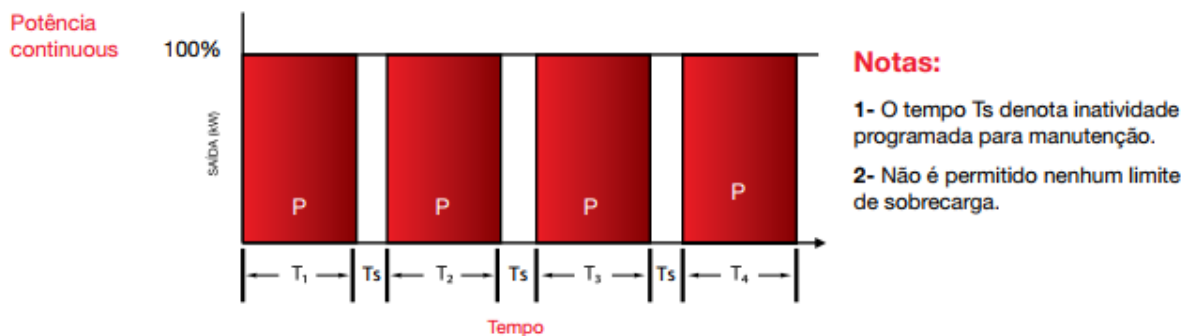
3.8.4 Regime COP (*Continuous power*)

Este regime também é indicado para uso onde não há presença de rede comercial ou esta não é confiável, mas pode ser utilizado para aplicações de *base load* (cargas fixas e constantes).

A diferença é que o regime COP é a máxima potência que o Gerador é capaz de fornecer para uma carga constante por um número ilimitado (24/7), sem possibilidade de sobrecarga. Veja o gráfico 10.

Gráfico 10 - Regime COP (Continuous power)

Potência Contínua (COP)



Fonte: Caderno Cummins, 2018.

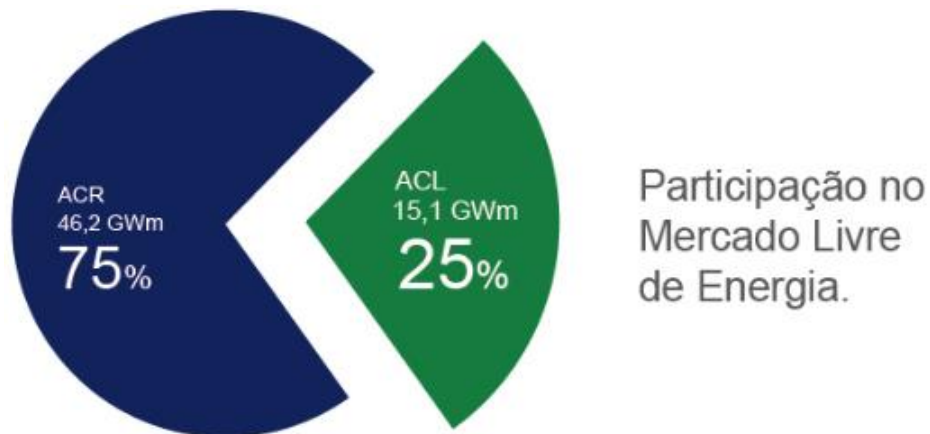
3.9 MERCADO LIVRE DE ENERGIA

3.9.1 Mercado Livre (ACL) X Mercado Cativo (ACR)

O Mercado Livre de Energia Elétrica ([2019]) aborda que o mercado de energia no Brasil está dividido em ACR (Ambiente de Contratação Regulada), onde estão os consumidores cativos, e ACL (Ambiente de Contratação Livre), formado pelos consumidores livres. No gráfico 11 é possível observar a participação no Mercado e Energia no Brasil.

Os consumidores cativos são aqueles que compram a energia das concessionárias de distribuição às quais estão ligados. Cada unidade consumidora paga apenas uma fatura de energia por mês, incluindo o serviço de distribuição e a geração da energia, e as tarifas são reguladas pelo Governo.

Gráfico 11 - Participação no Mercado Livre de Energia



Fonte: Mercado Livre de Energia Elétrica, 2019.

Os consumidores livres compram energia diretamente dos geradores ou comercializadores, através de contratos bilaterais com condições livremente negociadas, como preço, prazo, volume, etc. Cada unidade consumidora paga uma fatura referente ao serviço de distribuição para a concessionária local (tarifa regulada) e uma ou mais faturas referentes à compra da energia (preço negociado de contrato).

O Mercado Livre de Energia Elétrica ([2019]) afirma que o Mercado Livre de Energia se consolida como uma forma potencial de economia, meio seguro e confiável de adquirir energia elétrica por um valor negociável. Dentro de uma cadeia produtiva, todos os insumos devem ser objeto de negociação e a energia elétrica também deve assim ser tratada.

A principal vantagem nesse ambiente é a possibilidade de o consumidor escolher, entre os diversos tipos de contratos, aquele que melhor atenda às suas expectativas de custo e benefício.

3.9.2 Tipos de Contratos no Mercado Livre de Energia

O Mercado Livre de Energia Elétrica ([2019]) explica que no Mercado Livre, a energia contratada pode ser convencional ou incentivada.

A energia incentivada foi estabelecida pelo Governo para estimular a expansão de geradores de fontes renováveis limitados a 30 MW de potência, como PCH (Pequenas Centrais Hidroelétricas), Biomassa, Eólica e Solar. Para esses geradores serem mais

competitivos, o comprador da energia proveniente deles, chamada de energia incentivada, recebe descontos (de 50%, 80% ou 100%) na tarifa de uso do sistema de distribuição).

A energia convencional é proveniente dos outros tipos de geradores, como usinas térmicas a gás ou grandes hidroelétricas.

Existem dois tipos de consumidores no mercado livre: Consumidor Livre e Consumidor Especial.

Consumidor Especial pode ser a unidade ou conjunto de unidades consumidoras localizadas em área contígua ou de mesmo CNPJ, cuja carga seja maior ou igual a 500 kW (soma das demandas contratadas) e tensão mínima de 2,3 kV. O Consumidor Especial pode contratar apenas Energia Incentivada.

Para ter a opção de ser Consumidor Livre, cada unidade consumidora deve apresentar demanda contratada a partir de 3.000 kW e tensão mínima de 69 kV, para data de conexão elétrica anterior a julho/1995, ou 2,3 kV, para ligação após julho/1995. O Consumidor Livre Convencional pode contratar Energia Convencional ou Incentivada. No quadro 3 pode-se ver os detalhes desse critério.

Quadro 3 - Critérios vigentes para se tornar Consumidor Livre ou Especial

Consumidor	Fonte	Demanda mínima	Tensão mínima	Data de ligação do consumidor
Livre	Convencional ou Incentivada	3.000 kW	2,3 kV	após 08/07/1995
			69 kV	antes de 08/07/1995
Especial	Incentivada	500 kW	2,3 kV	qualquer data

Fonte: Mercado Livre de Energia Elétrica, 2019.

3.9.3 CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

De acordo com o Mercado Livre de Energia Elétrica ([2019]), a CCEE é uma instituição pública de direito privado e sem fins lucrativos, regulada pela ANEEL, responsável pelo registro, monitoramento e liquidação de todos os contratos e pela medição de toda energia gerada e consumida no Sistema Interligado Nacional.

Criada em 2004, a CCEE sucedeu a Administradora de Serviços do Mercado Atacadista de Energia Elétrica – Asmae (1999) – e o Mercado Atacadista de Energia Elétrica – MAE (2000).

3.9.4 Agentes da CCEE

O Mercado Livre de Energia Elétrica ([2019]) complementa que os Agentes são empresas que atuam no setor de energia elétrica, dividem-se nas Categorias de Geração, Distribuição, Comercialização, Consumidores Livres e Especiais, (ilustrado na figura 6), conforme definido na Convenção de Comercialização. Os associados podem ter participação obrigatória ou facultativa.

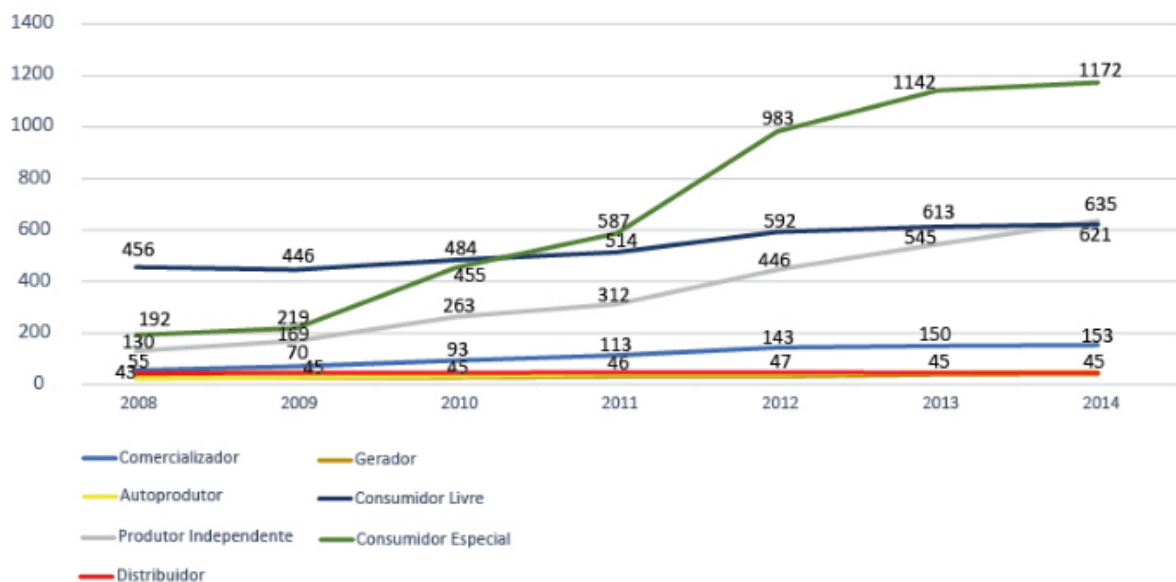
Figura 6 - Agentes do setor elétrico



Fonte: Mercado Livre de Energia Elétrica, 2019.

Já no Gráfico 12 pode-se observar a evolução do número de agentes por classe ao longo dos anos de 2008 a 2014.

Gráfico 12 - Número de agentes por classe



Fonte: Mercado Livre de Energia Elétrica, 2019.

O Mercado Livre de Energia Elétrica ([2019]) admite que todos os Consumidores Livres e Especiais têm participação obrigatória na CCEE. Usinas geradoras com capacidade instalada inferior a 50 MW têm participação facultativa.

Atualmente o Mercado Livre de Energia representa 25% de toda a carga do SIN – Sistema Interligado Nacional.

O submercado Sudeste/Centro-Oeste responde por 64% do mercado livre nacional, enquanto os submercados Sul e Nordeste representam 13% cada um e Norte, 10%.

3.9.5 Mercado Livre de Energia Elétrica em alguns outros países

Desde 2007, o Mercado Europeu (27 países membros) está totalmente aberto – até mesmo os consumidores residenciais (450 milhões de habitantes) podem escolher seu supridor. O Mercado Livre amplo não é privilégio de países com economias desenvolvidas. Há países na América Latina com critério de elegibilidade mais abrangentes que o Brasil, ressalta o Mercado Livre de Energia Elétrica ([2019]).

4 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Após a abordagem do referencial teórico será realizado neste trabalho o estudo de caso para a aplicação de Grupo Gerador a Gás Natural em uma indústria que utiliza aquecimento em seu processo fabril, esse aquecimento é gerado através do Gás Natural da Concessionária local, no qual é cliente.

A indústria também é cliente da concessionária de energia elétrica, porém sofre com a indisponibilidade frequente da rede de distribuição elétrica na região, que conta com várias empresas já instaladas e outras sendo implantadas; um crescimento que não está sendo acompanhado pela infraestrutura elétrica da região, fazendo com que essas empresas busquem uma alternativa de fonte de energia.

4.1 PERFIL DA EMPRESA

A empresa em estudo é um fabricante de isolante térmico tipo elastomérico para altas temperaturas resistentes a UV.

O HT é o isolamento térmico flexível que atende à crescente necessidade de materiais seguros para os trabalhadores e ecologicamente corretos que possam ser utilizados no meio industrial para temperaturas mais altas do que as normalmente suportadas pelas espumas elastoméricas e possuem as seguintes características:

- Resistente à radiação UV – pode ser instalado ao tempo sem proteção;
- Permanece flexível a temperaturas de -200 até +150°C;
- Barreira de vapor incorporada - instalação rápida e limpa;
- Reduz o risco de corrosão sob o isolamento;
- Resistente a derivados de petróleo;
- Baixa propagação de chamas e densidade ótica da fumaça durante a queima;
- Não desprende gases tóxicos.

São utilizados para isolamento térmico de tubulações, tanques e equipamentos a temperaturas elevadas, inclusive painéis solares, as principais áreas de aplicação são:

- Energia solar;
- Processos industriais.

4.1.1 Processo de fabricação

Para ilustrar onde será utilizada a energia térmica gerada na cogeração, será demonstrado resumidamente o processo de fabricação do isolante térmico elastomérico.

A matéria prima do isolante térmico elastomérico é uma borracha importada, que é fornecida nas dimensões aproximadas de 1000x500mm (Figura 7).

Figura 7 - Material prima (borracha)



Fonte: O cliente, 2019.

Na sequência, essas peças de borracha são colocadas em um misturador aberto para borracha, onde serão adicionados aditivos; esses aditivos são misturas que vão compor o isolante, cada espessura de isolante tem uma mistura específica.

Depois da mistura ficar homogênea e no formato de borracha lisa novamente, o produto é retirado do misturador e é fatiado em tiras, passa por um resfriador, pois o misturador acaba aquecendo o material.

Na saída do resfriador, as tiras de borracha alimentam uma injetora que transforma as tiras numa borracha dura no formato de mangueira, numa linha contínua; a partir desse ponto o material entra num importante processo do estudo, que são os fornos (Figura 8), o material passa por vários fornos em linha com temperaturas diferentes até sair no final da linha onde o material já sai no formato de tubo. As temperaturas de dentro dos fornos fazem com que o material expanda e aumente de tamanho.

Figura 8 - Linha de fornos



Fonte: O cliente, 2019.

Após sair dos fornos o material segue numa esteira para resfriamento, passa pela impressão que registra no material as características do produto, número de série, fabricante..., então ele segue pela esteira ate chegar ao setor de corte, onde são seccionados em tamanhos comerciais (Figura 9), encaixotados e enviados para expedição.

Figura 9 - Saindo da máquina de corte

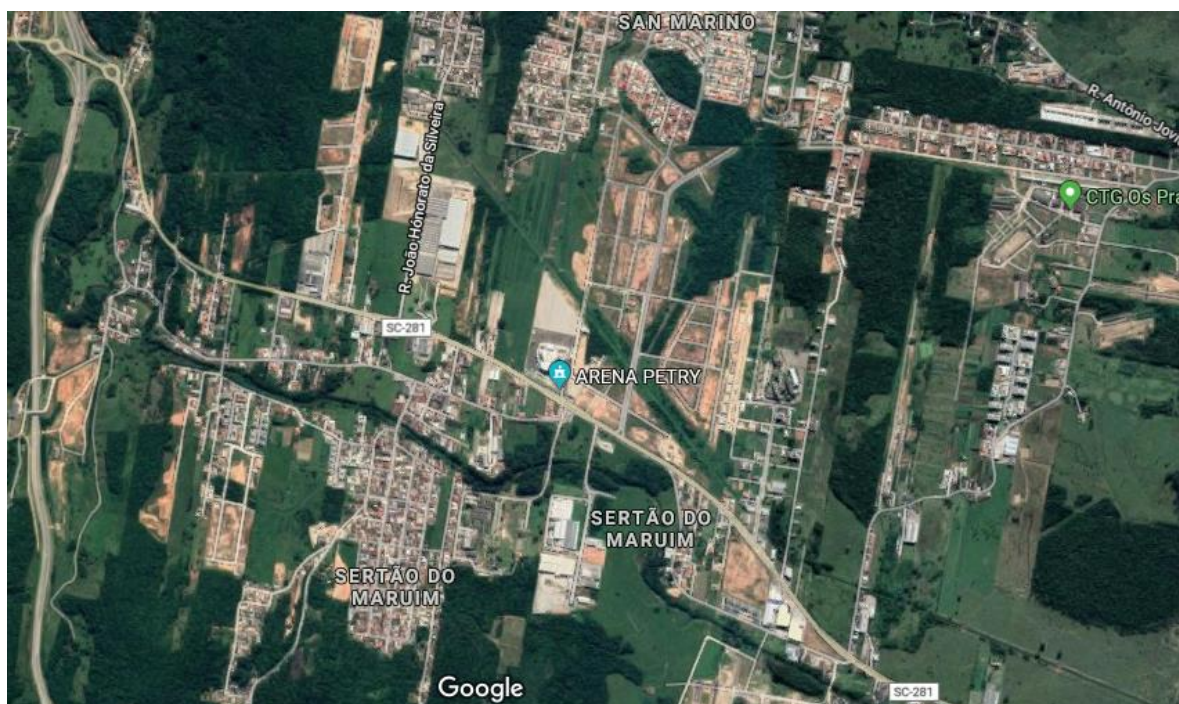


Fonte: O cliente, 2019.

4.1.2 Localização da empresa

A empresa está localizada na cidade de São José, região metropolitana de Florianópolis, no bairro Sertão do Maruim, conforme se observa na figura 10. Limita-se com os bairros Colônia Santana, Forquilhas e Picadas do Sul e ao sul com o município de Palhoça, o bairro é cortado pela rodovia estadual SC-281.

Figura 10 - Área de localização da empresa

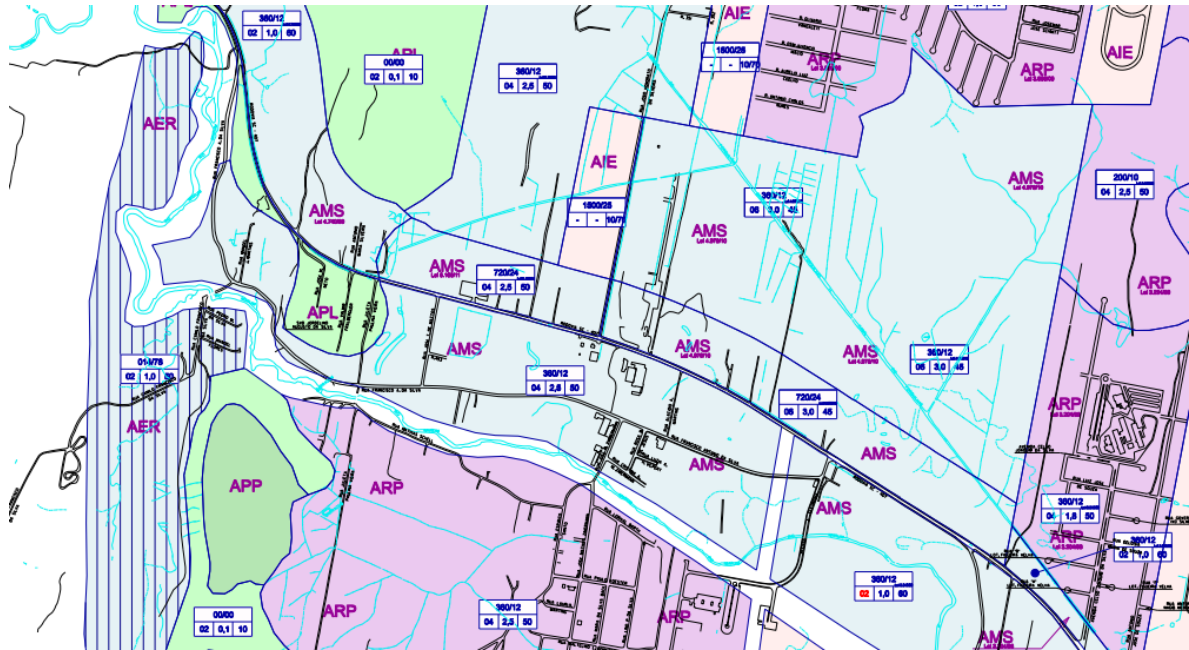


Fonte: Google Maps, 2019.

A região começou predominante residencial e ao longo do tempo foi mudando sua característica, agora se vê muitas indústrias e comércios. Segundo Plano Diretor Vigente da Prefeitura Municipal de São José, essa região está definida como AMS – Área Mista de Serviços (Figura 11).

Com o crescimento do bairro e a instalação de indústrias de pequeno e médio porte, a carga aumentou significativamente; contudo o mesmo não aconteceu com a rede de distribuição elétrica local, a energia que essa região recebe vem da Subestação de Roçado (138kV, 69kV, 13.8kV), do bairro de mesmo nome, muito sobrecarregada fazendo com que as indústrias do bairro Sertão do Maruim fiquem limitadas no consumo de energia afetando seriamente o crescimento econômico do bairro e consequentemente da cidade.

Figura 11 - Mapa do Plano Diretor de São José



Fonte: Prefeitura de São José, 2019.

4.2 ESTUDO DE VIABILIDADE

Definir onde se localiza a área de estudo, sua estrutura, organização, sua função, seus processos (principais), subordinação dentro da estrutura da empresa, e todas as informações necessárias de forma que seja possível entender onde será realizado o estudo.

4.2.1 Dados de Consumo de Energia

Para iniciar o estudo de viabilidade, é necessário analisar o consumo de energia elétrica da empresa, seus dados de fatura de energia da concessionária são importantes para o levantamento de informações que serão levados em conta no cálculo.

No Quadro 4 pode-se extrair algumas informações importantes como:

- Modelo Tarifário: Verde;
- Demanda Contrata na Ponta: 500kW;
- Consumo na Ponta e Fora de Ponta e seus Excedente Reativos;
- Verifica-se também uma ultrapassagem de demanda, levando a conclusão de que a empresa está num processo de aumento de carga.

Quadro 4 - Dados da Unidade Consumidora

DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA / FATURAMENTO / FORNECIMENTO					
INDUSTRIAL / MOD TARIFARIA HORARIA VERDE / TRIFASICO					
CONTRATO DE FORNECIMENTO			PERÍODO: TODOS		
DEMANDA PONTA (kW):			500	CONSUMO PONTA (kWh):	
DEMANDA FORA PONTA (kW):			0	CONSUMO FORA PONTA (kWh):	
RESERVA CAP.F. PONTA (kW):			RESERVA CAP. PONTA (kW):		
DADOS DA MEDIÇÃO - CONSUMO REGISTRADO NO MÊS					
EQUIPAMENTO	LEITURA		GRANDEZA	CONSTANTE DE	MEDIDO
42112273	ATUAL	ANTERIOR		FATURAMENTO	
CNP	2197041	2129970	kWh PT	0,3600	24145,56
CNF	18764842	18234888	kWh FP	0,3600	190783,44
DNP	321	312	kW PT	1,4400	462,24
DNF	365	343	kW FP	1,4400	525,60
DEP	12734	12413	kW PT	1,4400	462,24
DFP	18323	17958	kW FP	1,4400	525,60
UFO	3539	3434	kWh PT	0,3600	37,80
UFF	44647	41200	kWh FP	0,3600	1240,92
DMP	46164	44954	kW PT	0,3600	435,60
DMF	62816	61425	kW FP	0,3600	500,76
ERA	2163152	1979275	kVArh TP	0,3600	66195,72

Dados do Faturamento	Faturado	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)
Consumo Ponta	24.146	1,773395	42.819,62
Consumo Fora Ponta	190.783	0,525266	100.212,06
Energia Reat Exc P	38	0,448413	16,95
Energia Reat Exc Fp	1.241	0,448587	556,66
Demanda	526	17,697831	9.301,98
Demanda Ultrap.	26	35,395703	906,13
Subtotal (R\$)			153.813,40
Lançamentos e Serviços			
Cosip			638,35
Comp Viol Meta Continuidade (02)			-1.059,96
Subtotal (R\$)			-421,61

Fonte: Cliente, 2019.

4.2.2 Dados de Consumo de Gás Natural Atual

Como informado anteriormente o cliente em estudo já é um cliente de Gás Natural e utiliza-o para seu processo de fabricação do produto para aquecimento dos fornos através de vapor saturado. O consumo médio mensal é de R\$ 25.813,01 como se pode checar no quadro 5.

Quadro 5 - Consumo de Gás Natural

Consumo (kg/h):	606
Pressão (kgf/cm²):	8
Temp. Entrada (°C):	80
Horas / Dias:	18
Dias / Mês:	22
Combustível:	Gás Natural
Custo R\$/mês:	R\$ 25.813,01

Fonte: Cliente, 2019.

4.2.3 Condições Sem Gerador

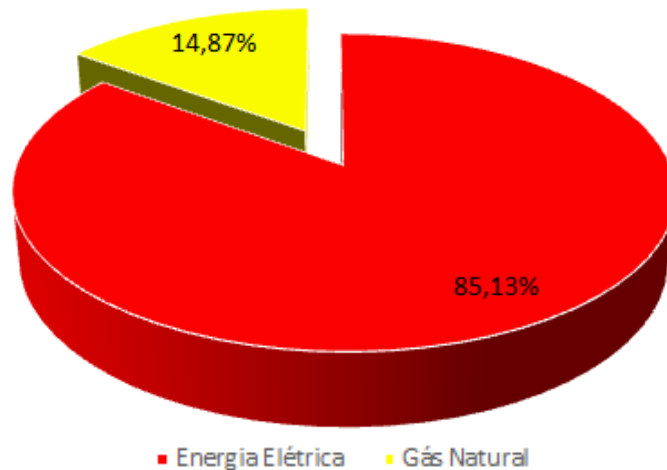
Para questão de comparativo o autor vai apresentar as condições sem Gerador, está sendo considerada bandeira tarifária verde, modalidade tarifária da unidade consumidora horosazonal verde e nova condição de demanda contratada de 800kW, conforme recomendações do cliente. Para ilustrar essas condições, pode-se observar o quadro 6 e o gráfico 13.

Quadro 6 - Consumo Anual de Energia Elétrica e Gás Natural sem Gerador

Custos Atuais - SEM PLANTA DE COGERAÇÃO					
Mês	Energia Elétrica		Gás Natural		Total Mês
Janeiro	R\$	156.105,58	R\$	25.813,01	R\$ 181.918,59
Fevereiro	R\$	151.110,46	R\$	25.813,01	R\$ 176.923,47
Março	R\$	147.857,92	R\$	25.813,01	R\$ 173.670,93
Abril	R\$	144.786,00	R\$	25.813,01	R\$ 170.599,01
Mai	R\$	141.096,24	R\$	25.813,01	R\$ 166.909,25
Junho	R\$	135.854,76	R\$	25.813,01	R\$ 161.667,77
Julho	R\$	138.692,64	R\$	25.813,01	R\$ 164.505,65
Agosto	R\$	142.328,14	R\$	25.813,01	R\$ 168.141,15
Setembro	R\$	148.504,03	R\$	25.813,01	R\$ 174.317,04
Outubro	R\$	152.551,09	R\$	25.813,01	R\$ 178.364,10
Novembro	R\$	154.981,80	R\$	25.813,01	R\$ 180.794,81
Dezembro	R\$	160.008,32	R\$	25.813,01	R\$ 185.821,33
Custo Anual Operação Planta					R\$ 2.083.633,10

Fonte: Cliente, 2019.

Gráfico 13 - Representatividade do custo de Energia Elétrica x Gás Natural no ano, sem Gerador



Fonte: Cliente, 2019.

4.2.4 Seleção do Grupo Gerador

Para poder tomar as decisões iniciais são avaliadas todas as informações obtidas no estudo, são elas: dados de consumo de energia elétrica, infraestrutura do cliente (subestação), disponibilidade de Gás Natural, projeto elétrico, capacidade produtiva, perspectiva de crescimento, entre outras.

A seleção dos Grupos Geradores ocorre nesse subitem conforme quadro 7; eles são capazes de oferecer energia elétrica e energia térmica necessária para cogeração, que será um importante argumento para a viabilidade do projeto.

Quadro 7 - Seleção do Grupo Gerador

Modelo:	C334 N6C
Pot. Elétrica Contínua (kW):	334
Data Sheet:	D-6023
Quantidade:	2
Tipo Combustível:	NATURAL GAS MI 84+
Emissão NOx:	2,0 g/hp-h

Fonte: O autor, 2019.

Apesar da demanda do cliente ser de 500kW, mas com perspectiva de aumento de carga de demanda contratada, foram selecionados duas unidades do Gerador modelo C334 N6C, com potência ativa contínua unitária de 334kW, ao invés de uma só com potência maior, dessa forma fica garantida a melhor eficiência do Gerador 34,2%, que é operando em 100% de carga, conforme observado no Quadro 8, e um ajuste melhor da potência gerada no período de sazonalidade da empresa, na qual a carga poderá cair pela metade.

Quadro 8 - Consumo e Eficiência

Gás Natural		C334N6C			
		100%	90%	75%	50%
Potência Contínua Gerada	kW	334	300	250	167
Consumo de combustível	m ³ /h	105	95	82	60
Eficiência	%	34,2%	33,7%	32,5%	29,5%

Fonte: Catálogo Cummins, 2014.

O Gerador Cummins modelo C334 N6C, visto na figura 12, é um Gerador fabricado pela Cummins nos Estados Unidos, que é o país de origem desta fabricante.

Figura 12 - Gerador Cummins modelo C334 N6C

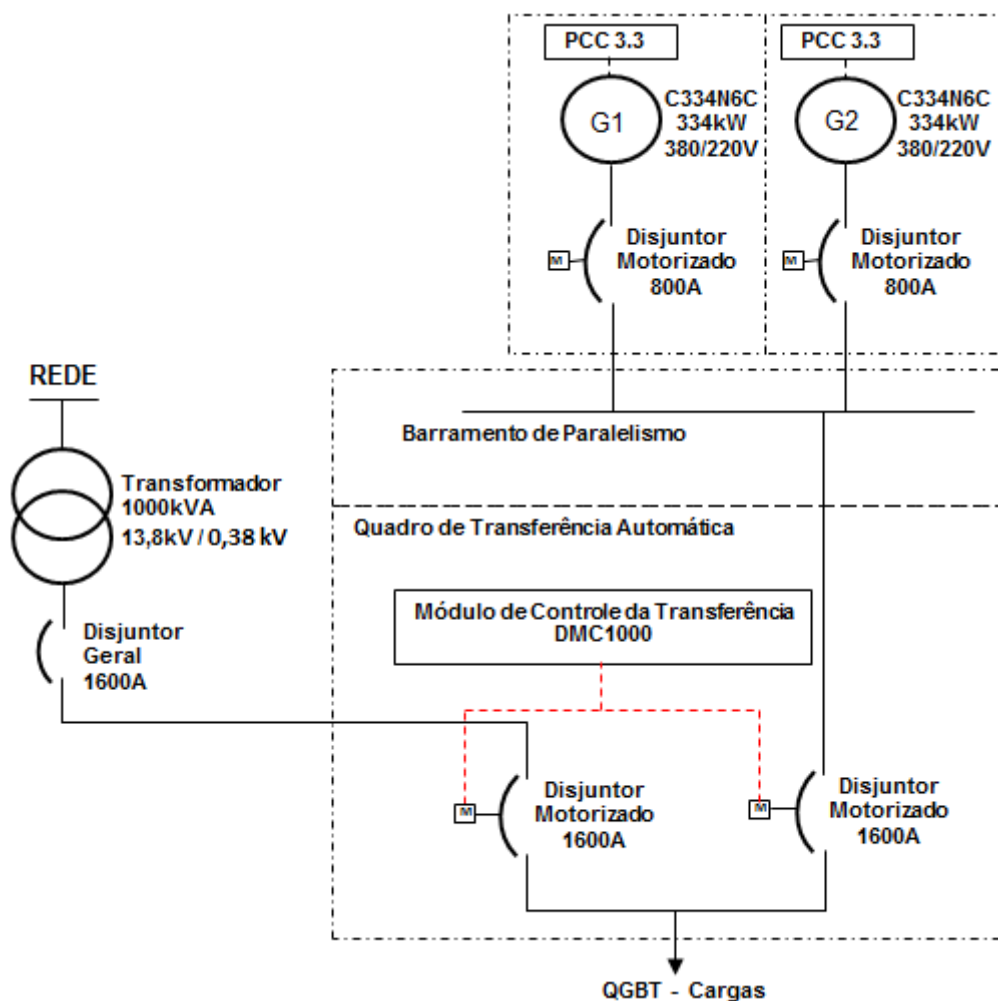


Fonte: Catálogo Cummins, 2014.

4.2.5 Diagrama Unifilar

O cliente possui uma subestação com dois transformadores de 1000kVA, porém somente um deles está em operação, representado na figura 13, no diagrama unifilar pode-se observar também os dois Geradores Cummins modelo C334 N6C em paralelo, o quadro de transferência automático com disjuntores motorizados de 1600A para suportarem a corrente total da carga. Os Geradores também possuem disjuntores motorizados em suas bases, isso será importante pois na situação de carga baixa eles vão operar em *load demand*, isto é, os Geradores vão operar em demanda de carga e revezar o funcionamento quando somente um Gerador suprir a carga, este comando é efetuado através do módulo de controle da transferência (DMC1000) em conjunto com o controlador dos Geradores (PCC3.3).

Figura 13 - Diagrama Unifilar com a Usina de Gerador Cummins modelo C334 N6C



Fonte: O autor, 2019.

4.2.6 Condições Operacionais com Cogeração

Aqui o autor definiu alguns pontos relacionados às condições operacionais com Cogeração, para o seguimento do cálculo, que são apresentados no quadro 9.

Quadro 9 - Condições Operacionais com Cogeração

Condições Operacionais Com Cogeração				
Modalidade Tarifária da Unidade Consumidora:		Horosazonal Verde		
Demanda considerada: (kW)		Fora Ponta (kW):	800	Horário Ponta (kW): 0
Fator de carregamento GMG:	100%			
Disponibilidade operacional:	95%			
Atendimento cogeração:	100%			
COGERAÇÃO ATENDE TODA A CARGA TÉRMICA				
GRUPOS GERADORES NÃO ATENDEM A DEMANDA MÁXIMA - PARTE DA DEMANDA SERÁ ATENDIDA PELA CONCESSIONÁRIA!!!				
Demanda importada concessionária (kW):		132		

Fonte: O autor, 2019.

O autor seguiu as orientações do cliente e considerou que a modalidade tarifária da unidade consumidora permanecerá Horosazonal Verde (Quadro 9).

Já a demanda contratada que tinha como valor 500kW, devido à instalação de novas máquinas, a ampliação do processo fabril e consequentemente o aumento da demanda do cliente, foi levado em consideração para o cálculo o novo valor de 800kW (Quadro 9).

O fator de carregamento da usina de Grupos Geradores vai ser de 100% (Quadro 9), isto é, foi decidido tomar como base de que a carga do cliente não será menor que a potência de um Gerador, portanto a carga será sempre maior ou igual a 334kW.

A disponibilidade operacional será de 95% (Quadro 9) em virtude das paradas para manutenção preventiva que poderá ser programada e revezada, para se conseguir uma disponibilidade próxima de 100%.

O atendimento da usina para fazer cogeração será de 100% (Quadro 9), quer dizer, a cogeração atenderá toda a carga térmica.

Como a potência total da usina será de 668kW (334+334), ela não atenderá 100% de carga, restando portanto ao cliente incrementar o saldo de 800kW importando o valor faltante de 132kW. Dessa forma a usina trabalhará em seu melhor ponto de eficiência que é de 100% de carga, conforme já comentado. Esse tipo de funcionamento da usina de Gerador é chamado

de *base load*, na qual os Geradores ou o Gerador alimentará toda a carga base (contínua) e a concessionária atenderá a parte variável ou flutuante da carga.

4.2.7 Projeção de Custo com a Planta de Geradores e Cogeração

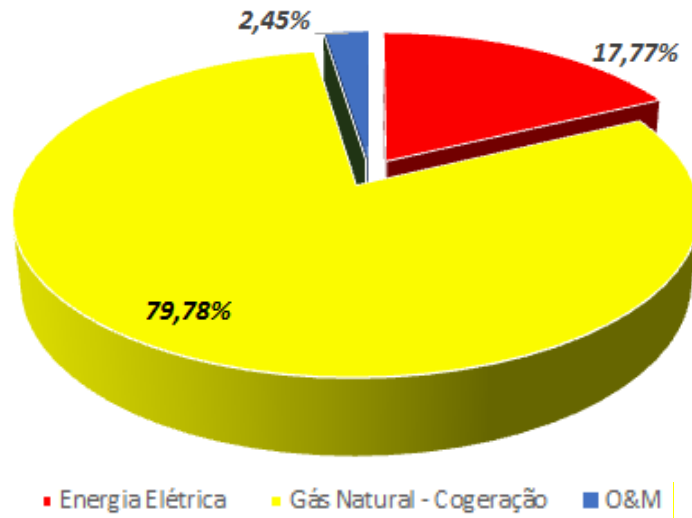
Foi realizada uma projeção de custo, quadro 10, agora considerando a planta de Geradores e Cogeração. O consumo de energia elétrica a ser adquirido da rede da concessionária, que é justamente o valor flutuante acima da capacidade de geração dos Geradores. O valor de Gás Natural para Cogeração, ao valor de R\$ 1,51/m³, mas que agora logicamente, houve um aumento do consumo em virtude da usina operar em 100% do tempo no funcionamento da fábrica. E o valor O&M que é o custo de manutenção dos Geradores. Esse rateio está demonstrado no gráfico 14.

Quadro 10 - Custo de Energia Elétrica, Gás Natural e Manutenção

Custos Projetados - COM PLANTA COGERAÇÃO					
Mês	Energia Elétrica	GN - Cogeração	O&M	Total Mês	
Janeiro	R\$ 19.748,15	R\$ 92.614,00	R\$ 2.118,16	R\$	114.480,31
Fevereiro	R\$ 19.527,65	R\$ 88.959,49	R\$ 1.366,28	R\$	109.853,42
Março	R\$ 19.408,65	R\$ 86.987,24	R\$ 1.617,35	R\$	108.013,24
Abril	R\$ 19.296,30	R\$ 85.125,30	R\$ 3.695,46	R\$	108.117,06
Mai	R\$ 19.152,31	R\$ 82.738,95	R\$ 915,24	R\$	102.806,49
Junho	R\$ 19.022,99	R\$ 80.595,62	R\$ 2.068,40	R\$	101.687,02
Julho	R\$ 19.102,13	R\$ 81.907,30	R\$ 915,24	R\$	101.924,67
Agosto	R\$ 19.206,78	R\$ 83.641,69	R\$ 11.836,34	R\$	114.684,82
Setembro	R\$ 19.426,01	R\$ 87.275,08	R\$ 940,01	R\$	107.641,11
Outubro	R\$ 19.585,99	R\$ 89.926,44	R\$ 1.366,28	R\$	110.878,72
Novembro	R\$ 19.687,34	R\$ 91.606,11	R\$ 915,24	R\$	112.208,69
Dezembro	R\$ 19.873,92	R\$ 94.698,29	R\$ 4.397,58	R\$	118.969,78
Custo Anual Projetado Cogeração				R\$	1.311.265,32

Fonte: O autor, 2019.

Gráfico 14 - Custo de Energia Elétrica, Gás Natural e Manutenção



Fonte: O autor, 2019.

4.2.8 Economia Projetada

Esta é a economia projetada, uma média de 37,07% ao ano, comparando à condição atual com a condição com Geradores e Cogeração (Quadro 11).

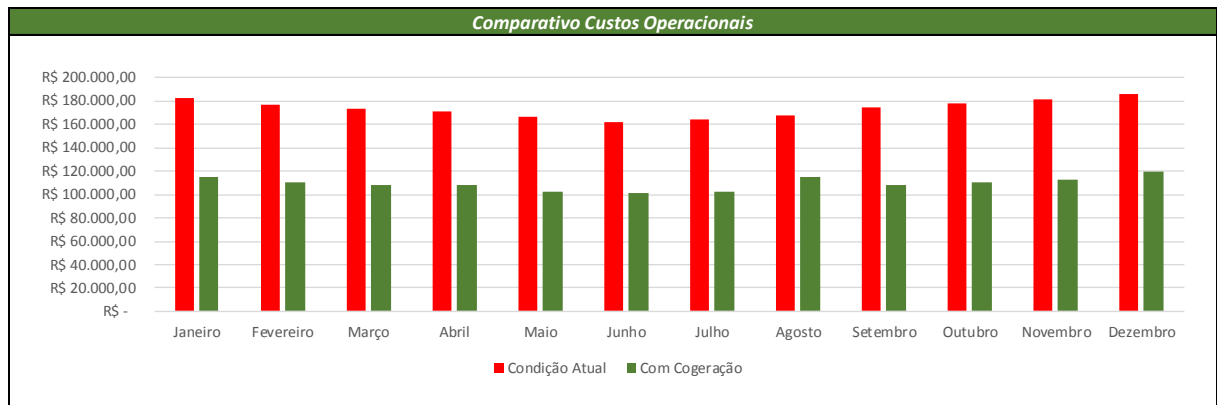
Quadro 11 - Economia Projetada

Economia Projetada					
Mês	Condição Atual	Com Cogeração	Economia (R\$)	Economia (%)	Economia Anual (%)
Janeiro	R\$ 181.918,59	R\$ 114.480,31	R\$ 67.438,28	37,07%	37,07%
Fevereiro	R\$ 176.923,47	R\$ 109.853,42	R\$ 67.070,05	37,91%	
Março	R\$ 173.670,93	R\$ 108.013,24	R\$ 65.657,69	37,81%	
Abril	R\$ 170.599,01	R\$ 108.117,06	R\$ 62.481,95	36,63%	
Maio	R\$ 166.909,25	R\$ 102.806,49	R\$ 64.102,76	38,41%	
Junho	R\$ 161.667,77	R\$ 101.687,02	R\$ 59.980,75	37,10%	
Julho	R\$ 164.505,65	R\$ 101.924,67	R\$ 62.580,98	38,04%	
Agosto	R\$ 168.141,15	R\$ 114.684,82	R\$ 53.456,33	31,79%	
Setembro	R\$ 174.317,04	R\$ 107.641,11	R\$ 66.675,93	38,25%	
Outubro	R\$ 178.364,10	R\$ 110.878,72	R\$ 67.485,38	37,84%	
Novembro	R\$ 180.794,81	R\$ 112.208,69	R\$ 68.586,12	37,94%	
Dezembro	R\$ 185.821,33	R\$ 118.969,78	R\$ 66.851,55	35,98%	
Economia Ano 01				R\$ 772.367,78	

Fonte: O autor, 2019.

No gráfico 15 pode-se visualizar melhor a diferença entre os custos operacionais das duas condições, condição atual (barra em vermelho) e com Gerador mais Cogeração (barra em verde), num período de 1 ano, de janeiro a dezembro.

Gráfico 15 - Comparativo dos Custos



Fonte: O autor, 2019.

4.2.9 Investimento

Nesse item o autor apresenta o investimento do projeto, normalmente este projeto é apresentado em reunião com cliente, quando é entregue uma proposta técnica e comercial, e explanando o passo a passo do projeto, com suas alterações, melhorias, adequações, apresentação de outras plantas semelhantes e referências técnicas.

Na proposta resumida do quadro 12, pode-se consultar os valores dos dois Grupo Geradores Cummins a Gás Natural modelo C334N6C com 334kW de potência ativa contínua unitária, somando 668kW, ao valor de R\$ 1.395.520,00; mais os seus materiais, serviços e periféricos necessários para instalação dos Geradores, no valor de R\$ 1.052.962,15; somando um investimento total de R\$ 2.448.482,15.

A parte de construção civil, que é a sala de alvenaria onde vão ser instalados os Geradores, não está inclusa na proposta, porém está incluso no item 2 do quadro 12, o kit atenuação de ruído para sala, que compreende em caixa acústica de admissão de ar, caixa acústica para exaustão de ar, desses são um para cada Gerador, mais uma porta acústica para sala e silenciosos para os escapamento, todos dimensionados para uma atenuação de 75dB a 1,5 metros da sala.

Fazendo a operação do valor total investido, conforme proposta, dividido pela potência elétrica total gerada, é possível calcular o valor do kW, que nesse projeto será R\$ 3.665,39.

Quadro 12 - Proposta Resumida

Investimentos			
Item	Descrição	Qtd.	Valor do Item
1	Grupo Gerador CUMMINS Gás Natural 334 kW - C334 N6C D-6023	2	R\$ 1.395.520,00
2	Materiais, serviços e periféricos necessários instalação	1	R\$ 1.052.962,15
Investimento Total:			R\$ 2.448.482,15
Indicação de projeto em R\$/kW Instalado		R\$	3.665,39
Observação: Proposta de instalação com atenuação 75dB(A)@1,5m			

Fonte: O autor, 2019.

4.2.10 Resultado Financeiro

Para chegar ao resultado financeiro, o autor considerou no cálculo a forma de pagamento com recursos próprios, isto é, sem financiamento bancário.

Foi considerado um VPL de 60 meses (Quadro), VPL é o valor presente líquido, também conhecido como valor atual líquido ou método do valor atual, é a fórmula econômico-financeira capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento inicial.

A TIR é a taxa interna de retorno ou taxa interna de rentabilidade, é uma taxa de desconto hipotética que, quando aplicada a um fluxo de caixa, faz com que os valores das despesas, trazidos ao valor presente, sejam iguais aos valores dos retornos dos investimentos, também trazidos ao valor presente, que, para esse caso foi considerado 1,29%. (Quadro 13)

Fazendo o cálculo foi possível chegar ao retorno sobre o investimento, também chamado taxa de retorno, taxa de lucro ou simplesmente retorno, é a relação entre a quantidade de dinheiro ganho como resultado de um investimento e a quantidade de dinheiro investido. O tempo de retorno de investimento nesse projeto será de 43 meses. (Quadro 13)

Quadro 13 - Resultados Financeiros

Resultados Financeiros			
Forma de pagamento:		Recursos próprios	
Custo de capital considerado:	0,00% a.m.	VPL (60 meses)	R\$ 1.073.218,85
Retorno de investimento (meses):	43	TIR (60 meses)	1,29%

Fonte: O autor, 2019.

4.2.11 Demonstrativo Financeiro

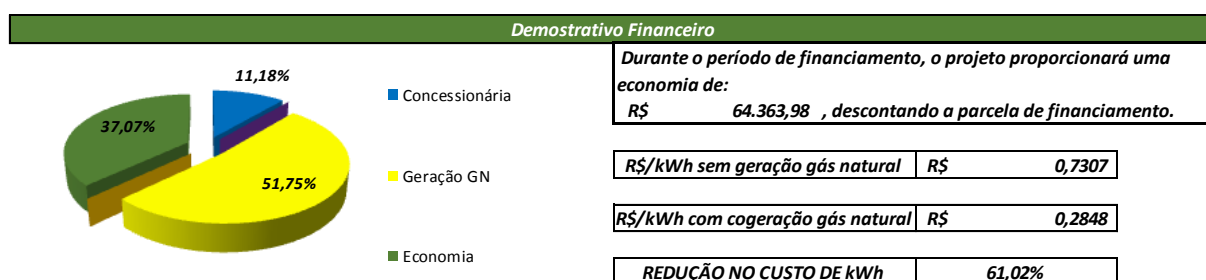
Nesse subitem o autor apresenta um resumo do demonstrativo financeiro, na qual irá compor relatórios contábeis para apoiar na tomada de decisão da empresa para implantar ou não a usina de Geradores.

Durante o período de financiamento, o projeto proporcionará uma economia de R\$ 64.363,98 por mês, descontando a parcela de pagamento.

O custo do kWh sem Gerador e Cogeração, condição atual, é de R\$ 0,7307 em média, já o custo do kWh com a usina com Gerador e Cogeração é de R\$ 0,2848, resultando numa redução no custo do kWh de 61,02% (Quadro 14).

Do total gasto, o cliente terá um gasto na concessionária de 11,18%, da concessionária de Gás Natural 51,75%, e a economia que já foi calculada será de 37,07%.

Quadro 14 - Demonstrativo Financeiro



Fonte: O autor, 2019.

4.2.12 Fluxo e Caixa do Projeto

O autor utiliza do artifício de ciências contábeis e elabora um fluxo de caixa, que se refere ao fluxo do dinheiro no caixa da empresa, ou seja, o montante de caixa recebido e gasto pela empresa durante um período de 10 anos, ligado ao projeto de Gerador e Cogeração.

Pode-se checar então do quadro 15 ao quadro 24, a evolução do fluxo de caixa visualizando horas de operação da usina, geração líquida sem manutenção, partes e peças de manutenção, serviços de manutenção, geração líquida com manutenção, fluxo descontado e *pay back*, retorno do investimento aplicado na usina.

Ao final de 10 anos, o cliente terá acumulado um gasto de R\$ 989.253,53 referente a peças de reposição de manutenção, R\$ 146.252,59 em serviço de manutenção preventiva e somando R\$ 1.135.506,11.

Contudo, aos 10 anos de operação da usina, o retorno do investimento vai alcançar R\$ 4.873.223,41 positivo.

Quadro 15 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 01

FLUXO DE CAIXA DO PROJETO								
ANO 01								
Mês	Horas de Operação	Geração Líquida (Sem O&M)	O&M - PEÇAS	O&M - SERVIÇOS	O&M - TOTAL	Geração Líquida (Com O&M)	Fluxo Descontado	Pay Back Descontado
0	0	R\$ (2.448.482,15)	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ (2.448.482,15)	R\$ (2.448.482,15)	R\$ (2.448.482,15)
1	694	R\$ 67.438,28	R\$ 1.487,62	R\$ 630,54	R\$ 2.118,16	R\$ 65.320,12	R\$ 65.320,12	R\$ (2.383.162,04)
2	1387	R\$ 67.070,05	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 65.703,76	R\$ 65.703,76	R\$ (2.317.458,28)
3	2081	R\$ 65.657,69	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 64.040,34	R\$ 64.040,34	R\$ (2.253.417,94)
4	2774	R\$ 62.481,95	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 58.786,50	R\$ 58.786,50	R\$ (2.194.631,44)
5	3468	R\$ 64.102,76	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 63.187,52	R\$ 63.187,52	R\$ (2.131.443,92)
6	4161	R\$ 59.980,75	R\$ 1.039,08	R\$ 1.029,32	R\$ 2.068,40	R\$ 57.912,35	R\$ 57.912,35	R\$ (2.073.531,57)
7	4855	R\$ 62.580,98	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 61.665,75	R\$ 61.665,75	R\$ (2.011.865,82)
8	5548	R\$ 53.456,33	R\$ 10.404,09	R\$ 1.432,26	R\$ 11.836,34	R\$ 41.619,99	R\$ 41.619,99	R\$ (1.970.245,84)
9	6242	R\$ 66.675,93	R\$ 304,40	R\$ 635,61	R\$ 940,01	R\$ 65.735,92	R\$ 65.735,92	R\$ (1.904.509,92)
10	6935	R\$ 67.485,38	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 66.119,10	R\$ 66.119,10	R\$ (1.838.390,82)
11	7629	R\$ 68.586,12	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 67.670,89	R\$ 67.670,89	R\$ (1.770.719,93)
12	8322	R\$ 66.851,55	R\$ 2.951,65	R\$ 1.445,93	R\$ 4.397,58	R\$ 62.453,98	R\$ 62.453,98	R\$ (1.708.265,96)

	PEÇAS	SERVIÇOS	TOTAL
Ano 01 - O&M	R\$ 21.238,31	R\$ 10.913,27	R\$ 32.151,58

Fonte: O autor, 2019.

Quadro 16 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 02

FLUXO DE CAIXA DO PROJETO								
ANO 02								
Mês	Horas de Operação	Geração Líquida (Sem O&M)	O&M - PEÇAS	O&M - SERVIÇOS	O&M - TOTAL	Geração Líquida (Com O&M)	Fluxo Descontado	Pay Back Descontado
13	9016	R\$ 68.787,04	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 67.871,81	R\$ 67.871,81	R\$ (1.640.394,15)
14	9709	R\$ 68.411,45	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 67.045,16	R\$ 67.045,16	R\$ (1.573.348,99)
15	10403	R\$ 66.970,84	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 65.353,49	R\$ 65.353,49	R\$ (1.507.995,50)
16	11096	R\$ 63.731,59	R\$ 39.145,44	R\$ 2.426,71	R\$ 41.572,15	R\$ 22.159,44	R\$ 22.159,44	R\$ (1.485.836,06)
17	11790	R\$ 65.384,81	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 64.469,58	R\$ 64.469,58	R\$ (1.421.366,48)
18	12483	R\$ 61.180,37	R\$ 1.039,08	R\$ 1.029,32	R\$ 2.068,40	R\$ 59.111,97	R\$ 59.111,97	R\$ (1.362.254,52)
19	13177	R\$ 63.832,60	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 62.917,37	R\$ 62.917,37	R\$ (1.299.337,15)
20	13870	R\$ 54.525,46	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 50.830,00	R\$ 50.830,00	R\$ (1.248.507,15)
21	14564	R\$ 68.009,45	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 66.392,10	R\$ 66.392,10	R\$ (1.182.115,05)
22	15257	R\$ 68.835,09	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 67.468,80	R\$ 67.468,80	R\$ (1.114.646,25)
23	15951	R\$ 69.957,85	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 69.042,61	R\$ 69.042,61	R\$ (1.045.603,64)
24	16644	R\$ 68.188,58	R\$ 10.962,65	R\$ 1.575,82	R\$ 12.538,46	R\$ 55.650,12	R\$ 55.650,12	R\$ (989.953,52)

	PEÇAS	SERVIÇOS	TOTAL
Ano 02 - O&M	R\$ 57.326,59	R\$ 12.176,11	R\$ 69.502,70
O&M - Acumulado	R\$ 78.564,90	R\$ 23.089,38	R\$ 101.654,28

Fonte: O autor, 2019.

Quadro 17 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 03

FLUXO DE CAIXA DO PROJETO								
ANO 03								
Mês	Horas de Operação	Geração Líquida (Sem O&M)	O&M - PEÇAS	O&M - SERVIÇOS	O&M - TOTAL	Geração Líquida (Com O&M)	Fluxo Descontado	Pay Back Descontado
25	17338	R\$ 70.162,78	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 69.247,55	R\$ 69.247,55	R\$ (920.705,97)
26	18031	R\$ 69.779,68	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 68.413,39	R\$ 68.413,39	R\$ (852.292,58)
27	18725	R\$ 68.310,26	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 66.692,91	R\$ 66.692,91	R\$ (785.599,67)
28	19418	R\$ 65.006,22	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 61.310,77	R\$ 61.310,77	R\$ (724.288,91)
29	20112	R\$ 66.692,51	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 65.777,27	R\$ 65.777,27	R\$ (658.511,63)
30	20805	R\$ 62.403,98	R\$ 1.039,08	R\$ 1.029,32	R\$ 2.068,40	R\$ 60.335,57	R\$ 60.335,57	R\$ (598.176,06)
31	21499	R\$ 65.109,25	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 64.194,02	R\$ 64.194,02	R\$ (533.982,04)
32	22192	R\$ 55.615,97	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 51.920,51	R\$ 51.920,51	R\$ (482.061,53)
33	22886	R\$ 69.369,64	R\$ 140.661,31	R\$ 8.461,85	R\$ 149.123,16	R\$ (79.753,52)	R\$ (79.753,52)	R\$ (561.815,05)
34	23579	R\$ 70.211,79	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 68.845,51	R\$ 68.845,51	R\$ (492.969,55)
35	24273	R\$ 71.357,00	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 70.441,77	R\$ 70.441,77	R\$ (422.527,78)
36	24966	R\$ 69.552,35	R\$ 2.951,65	R\$ 1.445,93	R\$ 4.397,58	R\$ 65.154,78	R\$ 65.154,78	R\$ (357.373,00)

	PEÇAS	SERVIÇOS	TOTAL
Ano 03 - O&M	R\$ 152.381,29	R\$ 18.609,62	R\$ 170.990,92
O&M - Acumulado	R\$ 230.946,20	R\$ 41.699,00	R\$ 272.645,19

Fonte: O autor, 2019.

Quadro 18 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 04

FLUXO DE CAIXA DO PROJETO								
ANO 04								
Mês	Horas de Operação	Geração Líquida (Sem O&M)	O&M - PEÇAS	O&M - SERVIÇOS	O&M - TOTAL	Geração Líquida (Com O&M)	Fluxo Descontado	Pay Back Descontado
37	25660	R\$ 71.566,04	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 70.650,80	R\$ 70.650,80	R\$ (286.722,20)
38	26353	R\$ 71.175,27	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 69.808,98	R\$ 69.808,98	R\$ (216.913,21)
39	27047	R\$ 69.676,47	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 68.059,11	R\$ 68.059,11	R\$ (148.854,10)
40	27740	R\$ 66.306,35	R\$ 10.404,09	R\$ 1.432,26	R\$ 11.836,34	R\$ 54.470,00	R\$ 54.470,00	R\$ (94.384,09)
41	28434	R\$ 68.026,36	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 67.111,12	R\$ 67.111,12	R\$ (27.272,97)
42	29127	R\$ 63.652,06	R\$ 120.645,87	R\$ 5.380,57	R\$ 126.026,44	R\$ (62.374,38)	R\$ (62.374,38)	R\$ (89.647,36)
43	29821	R\$ 66.411,44	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 65.496,20	R\$ 65.496,20	R\$ (24.151,15)
44	30514	R\$ 56.728,29	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 53.032,83	R\$ 53.032,83	R\$ 28.881,68
45	31208	R\$ 70.757,03	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 69.139,68	R\$ 69.139,68	R\$ 98.021,35
46	31901	R\$ 71.616,03	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 70.249,74	R\$ 70.249,74	R\$ 168.271,09
47	32595	R\$ 72.784,14	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 71.868,91	R\$ 71.868,91	R\$ 240.140,00
48	33288	R\$ 70.943,40	R\$ 2.951,65	R\$ 1.445,93	R\$ 4.397,58	R\$ 66.545,83	R\$ 66.545,83	R\$ 306.685,83

	PEÇAS	SERVIÇOS	TOTAL
Ano 04 - O&M	R\$ 140.181,03	R\$ 15.403,01	R\$ 155.584,04
O&M - Acumulado	R\$ 371.127,22	R\$ 57.102,01	R\$ 428.229,23

Fonte: O autor, 2019.

Quadro 19 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 05

FLUXO DE CAIXA DO PROJETO								
ANO 05								
Mês	Horas de Operação	Geração Líquida (Sem O&M)	O&M - PEÇAS	O&M - SERVIÇOS	O&M - TOTAL	Geração Líquida (Com O&M)	Fluxo Descontado	Pay Back Descontado
49	33982	R\$ 72.997,36	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 72.082,13	R\$ 72.082,13	R\$ 378.767,95
50	34675	R\$ 72.598,77	R\$ 37.232,88	R\$ 2.010,10	R\$ 39.242,98	R\$ 33.355,80	R\$ 33.355,80	R\$ 412.123,75
51	35369	R\$ 71.070,00	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 69.452,64	R\$ 69.452,64	R\$ 481.576,39
52	36062	R\$ 67.632,48	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 63.937,02	R\$ 63.937,02	R\$ 545.513,41
53	36756	R\$ 69.386,88	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 68.471,65	R\$ 68.471,65	R\$ 613.985,06
54	37449	R\$ 64.925,10	R\$ 1.039,08	R\$ 1.029,32	R\$ 2.068,40	R\$ 62.856,69	R\$ 62.856,69	R\$ 676.841,75
55	38143	R\$ 67.739,67	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 66.824,43	R\$ 66.824,43	R\$ 743.666,18
56	38836	R\$ 57.862,85	R\$ 10.404,09	R\$ 1.432,26	R\$ 11.836,34	R\$ 46.026,51	R\$ 46.026,51	R\$ 789.692,69
57	39530	R\$ 72.172,17	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 70.554,82	R\$ 70.554,82	R\$ 860.247,51
58	40223	R\$ 73.048,35	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 71.682,06	R\$ 71.682,06	R\$ 931.929,57
59	40917	R\$ 74.239,83	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 73.324,59	R\$ 73.324,59	R\$ 1.005.254,16
60	41610	R\$ 72.362,27	R\$ 2.951,65	R\$ 1.445,93	R\$ 4.397,58	R\$ 67.964,69	R\$ 67.964,69	R\$ 1.073.218,85

	PEÇAS	SERVIÇOS	TOTAL
Ano 05 - O&M	R\$ 57.326,59	R\$ 12.176,11	R\$ 69.502,70
O&M - Acumulado	R\$ 428.453,81	R\$ 69.278,12	R\$ 497.731,93

Fonte: O autor, 2019.

Quadro 20 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 06

FLUXO DE CAIXA DO PROJETO								
ANO 06								
Mês	Horas de Operação	Geração Líquida (Sem O&M)	O&M - PEÇAS	O&M - SERVIÇOS	O&M - TOTAL	Geração Líquida (Com O&M)	Fluxo Descontado	Pay Back Descontado
61	42304	R\$ 74.457,31	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 73.542,07	R\$ 73.542,07	R\$ 1.146.760,93
62	42997	R\$ 74.050,75	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 72.684,47	R\$ 72.684,47	R\$ 1.219.445,39
63	43691	R\$ 72.491,40	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 70.874,04	R\$ 70.874,04	R\$ 1.290.319,43
64	44384	R\$ 68.985,13	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 65.289,67	R\$ 65.289,67	R\$ 1.355.609,10
65	45078	R\$ 70.774,62	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 69.859,39	R\$ 69.859,39	R\$ 1.425.468,49
66	45771	R\$ 66.223,60	R\$ 1.039,08	R\$ 1.029,32	R\$ 2.068,40	R\$ 64.155,20	R\$ 64.155,20	R\$ 1.489.623,68
67	46465	R\$ 69.094,46	R\$ 141.305,67	R\$ 8.318,29	R\$ 149.623,96	R\$ (80.529,50)	R\$ (80.529,50)	R\$ 1.409.094,18
68	47158	R\$ 59.020,11	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 55.324,65	R\$ 55.324,65	R\$ 1.464.418,84
69	47852	R\$ 73.615,62	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 71.998,26	R\$ 71.998,26	R\$ 1.536.417,10
70	48545	R\$ 74.509,31	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 73.143,03	R\$ 73.143,03	R\$ 1.609.560,12
71	49239	R\$ 75.724,62	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 74.809,39	R\$ 74.809,39	R\$ 1.684.369,51
72	49932	R\$ 73.809,52	R\$ 2.951,65	R\$ 1.445,93	R\$ 4.397,58	R\$ 69.411,94	R\$ 69.411,94	R\$ 1.753.781,45

	PEÇAS	SERVIÇOS	TOTAL
Ano 06 - O&M	R\$ 153.584,22	R\$ 18.609,62	R\$ 172.193,84
O&M - Acumulado	R\$ 582.038,03	R\$ 87.887,74	R\$ 669.925,77

Fonte: O autor, 2019.

Quadro 21 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 07

FLUXO DE CAIXA DO PROJETO									
ANO 07									
Mês	Horas de Operação	Geração Líquida (Sem O&M)	O&M - PEÇAS	O&M - SERVIÇOS	O&M - TOTAL	Geração Líquida (Com O&M)	Fluxo Descontado	Pay Back Descontado	
73	50626	R\$ 75.946,45	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 75.031,22	R\$ 75.031,22	R\$	1.828.812,67
74	51319	R\$ 75.531,76	R\$ 8.491,52	R\$ 1.015,65	R\$ 9.507,17	R\$ 66.024,59	R\$ 66.024,59	R\$	1.894.837,26
75	52013	R\$ 73.941,22	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 72.323,87	R\$ 72.323,87	R\$	1.967.161,13
76	52706	R\$ 70.364,83	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 66.669,37	R\$ 66.669,37	R\$	2.033.830,50
77	53400	R\$ 72.190,11	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 71.274,88	R\$ 71.274,88	R\$	2.105.105,38
78	54093	R\$ 67.548,07	R\$ 1.039,08	R\$ 1.029,32	R\$ 2.068,40	R\$ 65.479,67	R\$ 65.479,67	R\$	2.170.585,05
79	54787	R\$ 70.476,35	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 69.561,12	R\$ 69.561,12	R\$	2.240.146,17
80	55480	R\$ 60.200,51	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 56.505,05	R\$ 56.505,05	R\$	2.296.651,22
81	56174	R\$ 75.087,93	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 73.470,57	R\$ 73.470,57	R\$	2.370.121,79
82	56867	R\$ 75.999,50	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 74.633,21	R\$ 74.633,21	R\$	2.444.755,01
83	57561	R\$ 77.239,11	R\$ 37.037,05	R\$ 1.754,88	R\$ 38.791,93	R\$ 38.447,18	R\$ 38.447,18	R\$	2.483.202,19
84	58254	R\$ 75.285,71	R\$ 2.951,65	R\$ 1.445,93	R\$ 4.397,58	R\$ 70.888,13	R\$ 70.888,13	R\$	2.554.090,32

	PEÇAS	SERVIÇOS	TOTAL
Ano 07 - O&M	R\$ 57.326,59	R\$ 12.176,11	R\$ 69.502,70
O&M - Acumulado	R\$ 639.364,62	R\$ 100.063,85	R\$ 739.428,46

Fonte: O autor, 2019.

Quadro 22 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 08

FLUXO DE CAIXA DO PROJETO									
ANO 08									
Mês	Horas de Operação	Geração Líquida (Sem O&M)	O&M - PEÇAS	O&M - SERVIÇOS	O&M - TOTAL	Geração Líquida (Com O&M)	Fluxo Descontado	Pay Back Descontado	
85	58948	R\$ 77.465,38	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 76.550,15	R\$ 76.550,15	R\$	2.630.640,47
86	59641	R\$ 77.042,40	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 75.676,12	R\$ 75.676,12	R\$	2.706.316,58
87	60335	R\$ 75.420,05	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 73.802,69	R\$ 73.802,69	R\$	2.780.119,28
88	61028	R\$ 71.772,12	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 68.076,67	R\$ 68.076,67	R\$	2.848.195,95
89	61722	R\$ 73.633,92	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 72.718,68	R\$ 72.718,68	R\$	2.920.914,63
90	62415	R\$ 68.899,03	R\$ 9.050,08	R\$ 1.159,21	R\$ 10.209,29	R\$ 58.689,74	R\$ 58.689,74	R\$	2.979.604,37
91	63109	R\$ 71.885,88	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 70.970,64	R\$ 70.970,64	R\$	3.050.575,01
92	63802	R\$ 61.404,52	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 57.709,06	R\$ 57.709,06	R\$	3.108.284,08
93	64496	R\$ 76.589,69	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 74.972,33	R\$ 74.972,33	R\$	3.183.256,41
94	65189	R\$ 77.519,49	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 76.153,20	R\$ 76.153,20	R\$	3.259.409,61
95	65883	R\$ 78.783,90	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 77.868,66	R\$ 77.868,66	R\$	3.337.278,27
96	66576	R\$ 76.791,42	R\$ 2.951,65	R\$ 1.445,93	R\$ 4.397,58	R\$ 72.393,84	R\$ 72.393,84	R\$	3.409.672,12

	PEÇAS	SERVIÇOS	TOTAL
Ano 08 - O&M	R\$ 20.574,24	R\$ 11.051,76	R\$ 31.626,00
O&M - Acumulado	R\$ 659.938,85	R\$ 111.115,61	R\$ 771.054,47

Fonte: O autor, 2019.

Quadro 23 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 09

FLUXO DE CAIXA DO PROJETO								
ANO 09								
Mês	Horas de Operação	Geração Líquida (Sem O&M)	O&M - PEÇAS	O&M - SERVIÇOS	O&M - TOTAL	Geração Líquida (Com O&M)	Fluxo Descontado	Pay Back Descontado
97	67270	R\$ 79.014,69	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 78.099,46	R\$ 78.099,46	R\$ 3.487.771,57
98	67963	R\$ 78.583,25	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 77.216,96	R\$ 77.216,96	R\$ 3.564.988,54
99	68657	R\$ 76.928,45	R\$ 140.661,31	R\$ 8.461,85	R\$ 149.123,16	R\$ (72.194,71)	R\$ (72.194,71)	R\$ 3.492.793,83
100	69350	R\$ 73.207,57	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 69.512,11	R\$ 69.512,11	R\$ 3.562.305,94
101	70044	R\$ 75.106,60	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 74.191,36	R\$ 74.191,36	R\$ 3.636.497,30
102	70737	R\$ 70.277,01	R\$ 1.039,08	R\$ 1.029,32	R\$ 2.068,40	R\$ 68.208,61	R\$ 68.208,61	R\$ 3.704.705,91
103	71431	R\$ 73.323,60	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 72.408,36	R\$ 72.408,36	R\$ 3.777.114,27
104	72124	R\$ 62.632,61	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 58.937,15	R\$ 58.937,15	R\$ 3.836.051,42
105	72818	R\$ 78.121,48	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 76.504,13	R\$ 76.504,13	R\$ 3.912.555,55
106	73511	R\$ 79.069,88	R\$ 8.491,52	R\$ 1.015,65	R\$ 9.507,17	R\$ 69.562,71	R\$ 69.562,71	R\$ 3.982.118,26
107	74205	R\$ 80.359,57	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 79.444,34	R\$ 79.444,34	R\$ 4.061.562,59
108	74898	R\$ 78.327,25	R\$ 122.558,44	R\$ 5.797,18	R\$ 128.355,61	R\$ (50.028,37)	R\$ (50.028,37)	R\$ 4.011.534,23

	PEÇAS	SERVIÇOS	TOTAL
Ano 09 - O&M	R\$ 279.999,08	R\$ 23.090,76	R\$ 303.089,84
O&M - Acumulado	R\$ 939.937,94	R\$ 134.206,37	R\$ 1.074.144,31

Fonte: O autor, 2019.

Quadro 24 - Fluxo de Caixa do Projeto - Ano 10

FLUXO DE CAIXA DO PROJETO								
ANO 10								
Mês	Horas de Operação	Geração Líquida (Sem O&M)	O&M - PEÇAS	O&M - SERVIÇOS	O&M - TOTAL	Geração Líquida (Com O&M)	Fluxo Descontado	Pay Back Descontado
109	75592	R\$ 80.594,98	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 79.679,75	R\$ 79.679,75	R\$ 4.091.213,98
110	76285	R\$ 80.154,91	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 78.788,63	R\$ 78.788,63	R\$ 4.170.002,61
111	76979	R\$ 78.467,02	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 76.849,66	R\$ 76.849,66	R\$ 4.246.852,27
112	77672	R\$ 74.671,72	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 70.976,26	R\$ 70.976,26	R\$ 4.317.828,53
113	78366	R\$ 76.608,73	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 75.693,49	R\$ 75.693,49	R\$ 4.393.522,02
114	79059	R\$ 71.682,55	R\$ 37.791,43	R\$ 2.153,66	R\$ 39.945,10	R\$ 31.737,46	R\$ 31.737,46	R\$ 4.425.259,48
115	79753	R\$ 74.790,07	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 73.874,83	R\$ 73.874,83	R\$ 4.499.134,31
116	80446	R\$ 63.885,26	R\$ 2.393,09	R\$ 1.302,37	R\$ 3.695,46	R\$ 60.189,81	R\$ 60.189,81	R\$ 4.559.324,12
117	81140	R\$ 79.683,91	R\$ 843,25	R\$ 774,10	R\$ 1.617,35	R\$ 78.066,56	R\$ 78.066,56	R\$ 4.637.390,67
118	81833	R\$ 80.651,28	R\$ 480,52	R\$ 885,76	R\$ 1.366,28	R\$ 79.284,99	R\$ 79.284,99	R\$ 4.716.675,67
119	82527	R\$ 81.966,77	R\$ 284,69	R\$ 630,54	R\$ 915,24	R\$ 81.051,53	R\$ 81.051,53	R\$ 4.797.727,20
120	83220	R\$ 79.893,79	R\$ 2.951,65	R\$ 1.445,93	R\$ 4.397,58	R\$ 75.496,22	R\$ 75.496,22	R\$ 4.873.223,41

	PEÇAS	SERVIÇOS	TOTAL
Ano 10 - O&M	R\$ 49.315,59	R\$ 12.046,22	R\$ 61.361,81
O&M - Acumulado	R\$ 989.253,53	R\$ 146.252,59	R\$ 1.135.506,11

Fonte: O autor, 2019.

4.3 CONCLUSÕES DO ESTUDO DE CASO

Foi proposta neste estudo uma alternativa técnica e economicamente viável para uma indústria situada em área carente de energia elétrica. Esta proposta pode ser uma opção viável para empresas similares ao redor ou de outras regiões que enfrentam o mesmo problema. Ao invés de migrarem para o Mercado de Contratação Livre, o qual não consegue atender técnica e financeiramente a ações que efetivem processos de eficiência energética, cogeração, etc; e dessa forma sobrecarregando ainda mais as redes de distribuição e transmissão de energia elétrica.

O não conhecimento dos clientes sobre os processos de conexão em paralelo permanente nos projetos de geração distribuída, com possibilidade exportação do excedente de energia elétrica nas redes de distribuição das concessionárias de energia, diminuem as chances de melhores resultados operacionais nas usinas com cogeração.

Sabe-se que os Geradores a Gás Natural possuem seu melhor ponto de eficiência em 100% de carga, portanto numa instalação onde a variação de carga é presente, a usina não vai ter um bom desempenho e nesse caso a solução ideal é ligar a usina na rede.

No estudo apresentado, o autor não considerou a conexão na rede, pois o cliente possui bancos de cargas de alta potência, porém essa adequação não esta completamente descartada.

Os órgãos reguladores e distribuidores de Gás Natural, em função de seu poder de definição dos valores de tarifas a serem aplicadas sobre o valor do Gás Natural, têm uma grande influência para a decisão de implantação do projeto.

Esse estudo permitiu ao autor concluir que o estudo das condições técnicas e econômicas para instalação de cogeração térmica é imprescindível para balizar as decisões dos clientes. Pois esta análise irá definir a situação futura de lucro ou prejuízo.

Com base nas análises realizadas pode-se perceber que a instalação de Geração Térmica com Cogeração (Geração Distribuída) é vantajosa para o cliente que foi objeto deste estudo.

5 CONCLUSÃO

O objetivo geral de análise dos aspectos técnicos e econômicos por geração térmica a gás natural na geração distribuída foi desenvolvido no estudo do referencial teórico e no desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

Através do estudo dos referenciais teóricos existentes foi possível entender o processo de geração distribuída, descrever as diversas possibilidades de fontes utilizadas em geração distribuída, descrever as regras de geração distribuída na Celesc e, principalmente, avaliar processo e disponibilidade de cogeração.

Uma etapa muito relevante deste estudo foi o estudo sobre as legislações que regulamentam a geração distribuída e a geração térmica.

Para melhor compreensão do processo estudado, foi desenvolvida uma aplicação prática da análise de contratação de geração térmica por um cliente industrial.

É importante destacar que este estudo permitiu ao autor aprimorar suas competências adquiridas no curso e aplicar a mesmas a uma situação prática.

Com base nos estudos desenvolvidos, nos objetivos alcançados, pode-se afirmar que o objetivo do desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso foi atingido.

5.1 SUGESTÕES DE NOVOS TRABALHOS

Os seguintes aspectos não foram contemplados neste trabalho e merecem um aprofundamento para futuros estudos:

- Avaliar a implementação de um caso real de cogeração térmica e uso do excedente para comercialização em geração distribuída;
- Análise econômica e financeira do processo para avaliar a lucratividade da opção;
- Comparar procedimentos entre as diversas concessionárias de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

ABEGÁS, **O Combustível**. Disponível em <https://www.abegas.org.br/o-combustivel>; Acessado em 04 de novembro de 2019.

ANEEL. **Nota Técnica nº 0062/2018-SRD/SCG/SRM/SGT/SRG/SMA/ANEEL**. Processo nº: 48500.004924/2010-51 de 25 de maio de 2018 A.

ANEEL, Assessoria de Imprensa. **Geração distribuída ultrapassa 20 mil conexões**. Publicação 24 de janeiro de 2018 B. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/geracao-distribuida-ultrapassa-20-mil-conexoes/656877; Acesso em 03 de junho de 2019.

ANEEL. **Micro e Minigeração Distribuídas**. SRD. Publicado em: 28/09/2015. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introduc-1/656827; Acesso em 02 de junho de 2019.

COGEN Associação da Indústria de Cogeração de Energia, **Conceitos e Tecnologias**. Disponível em http://site.cogen.com.br/cog_conceito.asp; Acessado em 04 de novembro de 2019.

CUMMINS Caderno Cummins para Consultores. **Informações Técnicas Relacionadas a Gerador**. 2018.

DALLACORTE, Fabiano Cislighi. Coordenador estadual do Metalmeccânico e Energia do SEBRAE RS. **A importância da geração distribuída para o País**. Disponível em: <https://sebraers.com.br/energia/a-importancia-da-geracao-distribuida-para-o-pais/>; Acesso em 03 de junho de 2019.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Fontes de Energia**. Disponível em <http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>; Acesso em 11 de junho de 2019.

ESTAÇÃO DO GÁS, **O gás natural, uma fonte de energia eficiente**. Disponível em <http://estacaodogas.com.br/o-gas-natural-uma-fonte-de-energia-eficiente/>; Acessado em 04 de novembro de 2019.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisas**. 4. ed. 11 reimpr. São Paulo – Atlas, 2008.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

INEE Instituto Nacional de Eficiência Energética. **O que é Geração Distribuída**. Disponível em: http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp; Acesso em 01 de junho de 2019A.

INEE Instituto Nacional de Eficiência Energética. **O Que é Cogeração**. Disponível em http://www.inee.org.br/forum_co_geracao.asp; Acessado em 02 de junho de 2019B.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, EVA Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 297 p.

Mercado Livre de Energia Elétrica. **Visão Geral**. Disponível em <https://www.mercadolivredeenergia.com.br/>; Acesso em 03 de junho de 2019.

MISSÃO CRÍTICA Engenharia para TI. **Como especificar corretamente o gerador**. Disponível em <https://www.missaocritica.com.br/blog/3-como-especificar-corretamente-o-gerador-para-o-seu-data-center.html>; Acessado em 04 de novembro de 2019.

ROMEIRO, Diogo Lisbona, **Protagonismo da geração térmica a gás no Brasil – gás para crescer ou para se desenvolver**. Blog Infopetro. Disponível em: <https://infopetro.wordpress.com/2018/03/08/protagonismo-da-geracao-termica-a-gas-no-brasil-gas-para-crescer-ou-para-se-desenvolver/>; Acesso em 02 de junho de 2019.

SC Mais Energia – Programa Catarinense de Energias Limpas. **Celesc - SC+Energia: Programa Catarinense de Energias Limpas**. Disponível em <http://www.scmaisenergia.sc.gov.br/sds/?p=229>; Acesso em 02 de junho de 2019.

SCGÁS, Companhia de Gás de Santa Catarina. **O que é o Gás Natural**. Disponível em <http://www.scgas.com.br/info/oqueeogn/idse/280>; Acesso em 04 de novembro de 2019.

TOGAWA, Victor. **Cogeração de Energia**. Togawa Engenharia. Disponível em <https://togawaengenharia.com.br/blog/cogeracao-de-energia/>; Acesso em 03 de junho de 2019.

TRIVIÑOS, Augusto N. S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais**. São Paulo. Atlas, 1995.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 2009.