



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

IVO PEREIRA LIMA JUNIOR

ANÁLISE QUANTITATIVA DA COGERAÇÃO NO BRASIL E
NO MUNDO COM BASE NO HISTÓRICO DE UTILIZAÇÃO

SÃO PAULO
2012

IVO PEREIRA LIMA JUNIOR

ANÁLISE QUANTITATIVA DA COGERAÇÃO NO BRASIL E
NO MUNDO COM BASE NO HISTÓRICO DE UTILIZAÇÃO

Monografia apresentada como exigência
parcial para obtenção do certificado de
conclusão do curso de Pós Graduação, à
Universidade de São Paulo.

Orientador:
Prof. Dr. Marcos de Mattos Pimenta

SÃO PAULO
2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Lima Júnior, Ivo Pereira

Análise quantitativa da cogeração no Brasil e no mundo com base no histórico de utilização / I.P. Lima Júnior. -- São Paulo, 2012.

55 p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1. Cogeração de energia elétrica I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II. t.

Dedico este trabalho,

Aos familiares e amigos, que mesmo sem poder mencionar nome a nome aqui, pois a lista cresceria a cada dia de tantos que me apoiaram e incentivaram, são e serão sempre lembrados pelo que representam em minha vida.

Agradecimentos

Ao professor orientador Professor Doutor Marcos de Mattos Pimenta, pelo apoio à ideia, pelas sugestões, paciência e compreensão com os períodos de ausência durante o desenvolvimento deste projeto.

Aos professores, que nos auxiliaram no decorrer de nosso amadurecimento como profissionais e por todo o tempo que sempre dedicaram a nos ouvir e ajudar.

A todos os amigos que de forma direta ou indireta me apoiaram durante esta longa jornada e colaboraram para que alcançasse esta realização.

Resumo

A Cogeração tem sido empregada nos mais diversos seguimentos de mercado, mas o seu desenvolvimento e também os estudos aconteceram ao longo do tempo e a partir da constante utilização de máquinas térmicas (movidas a combustão de algum combustível e com poder calorífico suficiente para isso). Com o avanço destes estudos observou-se que máquinas térmicas possuíam uma grande quantidade de energia útil desperdiçada em forma de calor e que uma pequena percentagem era o real rendimento do equipamento. Com esta análise a hipótese de se utilizar esta energia térmica em processos que possuíam a necessidade de aquecimento seria a razão do nascimento de novas tecnologias que tornassem possível este processo de aproveitamento energético e é o que hoje unanimemente conhecemos como cogeração.

Podemos definir cogeração como sendo a produção de energia térmica e elétrica a partir de uma fonte de combustível e também através da energia mecânica geralmente sendo convertida em energia elétrica.

Hoje, em centenas de cidades do mundo, prédios comerciais, hospitais, aeroportos, indústrias, “shopping centers”, “datacenters” e muitos outros empreendimentos existem usinas de cogeração instaladas. Mesmo possuindo uma definição simples, cada instalação possui a sua particularidade, tornando cada estudo desta aplicação um novo estudo, que demandará horas de cálculos não apenas de conceitos técnicos, mas também análises financeiras, que, no mundo em que vivemos hoje, é o que irá reger a instalação ou não deste recurso tecnológico que tanto auxilia a humanidade a caminhar na direção de projetos sustentáveis e com o mínimo de utilização de recursos naturais ou impactos ambientais.

Palavras-chave: Cogeração. Máquinas térmicas. Energia Mecânica. Energia Elétrica

Abstract

The CHP (Combined Heat and Power) has been used in many different market segments, but their development and also the studies took place over time and from the constant use of heat engines (powered by combustion as the process of flammable products and calorific enough for that). With the progress of these studies showed that thermal machines had a large amount of useful energy wasted as heat and that a small proportion was the actual yield of product. With this analysis the possibility of using this heat in processes that had the need for heating would be the reason for the birth of new technologies that make possible this process of energy use and what is now universally known as cogeneration.

We can define as cogeneration production of thermal and electric energy from a fuel source and also by usually being converted mechanical energy into electrical energy.

Today, in hundreds of cities worldwide, commercial buildings, hospitals, airports, factories, “shopping centers”, “data centers” and many other enterprises are cogeneration plants installed. Even having a simple definition, each facility has its particularity, each study making this application a new study, which will require hours of calculations not only of technical concepts, but also financial analysis, that in the world we live in today, is what will govern the installation or not this technological resource that helps both humanity to move toward sustainable projects and with minimal use of natural resources or environmental impacts.

Keywords: CHP. Heat Engines. Mechanical Energy. Electrical Energy.

Lista de Tabelas

Tabela 4.2a Capacidades Instaladas de Cogeração	27
Tabela 4.6a Usinas de Cogeração em Operação no Brasil – Editada da Fonte.....	39
Tabela 4.6b Usinas de Cogeração em Outorga no Brasil – Editada da Fonte.....	42
Tabela 4.6c Usinas de Cogeração em Construção no Brasil – Editada da Fonte.....	42

Lista de Ilustrações

Figura 3.4.1a Arquitetura de um motor a combustão.....	19
Figura 3.4.2a Arquitetura de uma Turbina a Gás.....	21
Figura 3.5a Sistema de Cogeração.....	23
Figura 4.2a Perspectivas de evolução na UE.....	29
Figura 4.3a Países do G8+5.....	31
Figura 4.4a DHC em Copenhagen.....	32
Figura 4.5a Fluxograma de uma rede DHC.....	35

Lista de abreviações

CHP – (*Combined Heat and Power*) Combinação entre Potência e Calor.
LEED - (*Leadership in Energy and Environmental Design*) Certificação para edifícios sustentáveis.
COGEN – Associação da Indústria de Cogeração e Energia.
EWG – (*Exempt Wholesale Generator*) Organização de Produtores de Energia.
EUA – Estados Unidos da América.
UE – União Europeia.
DHC - (*District Heat and Cooling*) Distrito de Aquecimento.
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.
SIN - Sistema Interligado Nacional
DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
CSPE - Comissão de Serviços Públicos de Energia

Sumário

1 Introdução.....	12
2 Objetivo	13
3 Desenvolvimento Teórico.....	14
3.1 História	14
3.2 Geração Distribuída.....	17
3.3 O que é Cogeração?	17
3.4 Características da Cogeração	18
3.4.1 Motores a Combustão.....	19
3.4.2 Turbinas a Gás	20
3.4.3 Caldeiras de Recuperação e Trocadores de Calor	21
3.4.4 Sistema de Controle e Outros Componentes	22
3.5 Funcionamento de Sistemas de Cogeração	22
3.6 Índices de Eficiência.....	24
4 A Cogeração no Brasil e no Mundo.....	25
4.1 Dados Cronológicos	25
4.2 A Cogeração nos Últimos Anos	27
4.3 Projeções	29
4.4 País Exemplo	31
4.5 DHC	33
4.6 A Posição do Brasil	36
4.7 Legislação Brasileira de Cogeração	43
4.8 Cogeração Qualificada	45
5 Considerações Finais	49
6 Referências Bibliográficas	52

1 Introdução

Esta Monografia tem como tema a Análise Quantitativa da Cogeração no Brasil e no Mundo Com Base no Histórico de Utilização. Trata-se de um estudo e pesquisa utilizando o conceito de cogeração como base para analisar o cenário mundial desta aplicação, iniciando com um estudo das definições e teoria que envolve este assunto e em seguida apresentando dados de como este recurso tecnológico atua ou permite aplicações em prol da sustentabilidade e autossuficiência energética e como vem sendo empregado em grandes centros populacionais em diversas cidades do mundo e utilizando de exemplos de sucesso nestes locais para compor este trabalho.

O objetivo principal é apresentar informações com relação à Cogeração não somente na teoria, mas através também de pesquisas de aplicações práticas e instaladas em outros países, demonstrando as diferenças entre as aplicações nacionais e também mostrando em quais tipos de empreendimentos a cogeração pode ser aplicada no mundo e onde podemos buscar modelos de sucesso para também aplicar em nosso país.

Para a elaboração do conteúdo teórico deste projeto, foi utilizada uma base consagrada de dados e diversos artigos sobre o tema proposto, além de artigos e matérias veiculadas através da internet e que apresentam usinas de cogeração instaladas e que servem como exemplos de sucesso da aplicação deste tema.

Também foram abordados, a história e os processos de desenvolvimento da cogeração, desde os antigos projetos até os modernos equipamentos que utilizamos atualmente, além do detalhamento principal que é apresentar o cenário mundial desta tecnologia.

2 Objetivo

Embasado da definição teórica e todo o conceito histórico de aplicação de cogeração fazer um levantamento e uma análise sobre a utilização deste recurso em diversos setores de produção e de serviços, não somente no Brasil, mas também observar o atual cenário mundial e concluir com os resultados positivos de seu uso.

3 Desenvolvimento Teórico

A Cogeração é mundialmente utilizada em diversos segmentos industriais e comerciais. A sua utilização se espalha cada vez mais dentro das grandes empresas e vem sendo potencializada com o passar dos anos.

Este capítulo abordará desde a história dos primeiros métodos de cogeração até os modos atuais, mostrando as características dos componentes e como atuam em conjunto para as aplicações desejadas, mostrando também uma perspectiva do futuro desta tecnologia e pensando neste futuro podemos exemplificar esta perspectiva com a evolução dos modernos prédios comerciais que os quais podem e utilização usinas de geração de energia elétrica, constituídas a partir de grupos motogeradores ou outra fonte de geração de energia elétrica, para que operem em uma situação de emergência ou durante 24 horas por dia e que aproveitam a energia térmica gerada por estes equipamentos para compor as demais demandas energéticas que o empreendimento possa possuir.

3.1 História

A energia elétrica passou a fazer parte do dia-a-dia das indústrias de uma forma auto-produtiva, ou seja, alguns setores industriais produziam a sua própria energia elétrica. A utilização de tração animal ou até mesmo a tração humana foi substituída no século XIX, no início da era industrial, por máquinas movidas a vapor de água. Este uso permitiu que seu fluído ou substância termodinâmica fosse empregada nos processos que demandavam aquecimento e também para o acionamento mecânico.

A energia mecânica já era anteriormente obtida a partir do esforço humano ou animal, posteriormente através de quedas d'água e do vento através de moinhos. Após a Revolução Industrial surgiu a máquina a vapor, que fazia o mesmo papel da roda d'água, a energia mecânica que anteriormente era distribuída através de eixo e correias, passou a ser substituída por energia elétrica produzida em um gerador central e levada até motores elétricos através de cabos.

Com isso pode-se observar que a cogeração já era um conceito utilizado nas indústrias antes mesmo de existir companhias de geração e distribuição de energia elétrica.

Após o surgimento da máquina a vapor um anseio por equipamentos mais eficientes tomou conta dos estudos da época, conforme cita THURSTON (1878), James Watt após receber uma máquina a vapor de Newcomen para ser concertada em 1763, proporcionou grandes avanços na busca por obter maior eficiência.

Watt providenciou adaptações e melhorias que proporcionaram maior rendimento à máquina a vapor utilizada na época, podemos citar o condensador externo, o isolamento térmico para caldeiras e tubos, dentre outros e foi em 1781 que concebeu e patenteou uma máquina a vapor que incluía todas estas ideias.

A partir destas evoluções, combustíveis fósseis passaram a ser empregados nas máquinas e impulsionavam de maneira mais eficiente os equipamentos de produção e movimentação em diversos setores, porém mesmo com essa eficiência que varia entre 30 e 40% da interna energia do combustível que é transformada em trabalho mecânico, o restante é perdido em forma de calor, seja através dos gases de escape seja pela condensação do vapor.

Mesmo com a ainda baixa eficiência que as máquinas e sistemas de cogeração proporcionavam conforme informado acima, setores industriais e comerciais ainda produziam sua própria energia elétrica para suprir as demandas de produção e em uma época onde a utilização desta tecnologia ainda estava em seu início.

Desde as evoluções propostas por Watt nas máquinas a vapor e que posteriormente começaram a utilizar combustíveis fósseis e a criação das centrais de geração de energia elétrica e térmica, o que aconteceu com o passar das décadas foi a construção e instalação de centrais termelétricas que contavam com uma confiável estrutura de apoio e distribuição de energia elétrica à sociedade, fazendo com que os custos de eletricidade fossem mais baixos em relação à geração centralizada, tal situação proporcionou uma diminuição na utilização da cogeração.

Esta redução no uso deste recurso também foi agravada após a regulamentação do setor energético neste período, pois com o aumento da utilização do sistema de distribuição, diversas ações foram amplificadas em torno deste setor desfavorecendo assim a geração centralizada.

Ainda com a pouca utilização da geração distribuída através de cogeração, em toda uma cadeia de processos o que se objetivava e se objetiva até os dias de hoje é a redução do consumo de insumos energéticos, como combustíveis e matérias que compõe esta cadeia, sendo também este o princípio de redução de insumos e um maior aproveitamento de energias desperdiçadas que justifica e auxilia o crescimento do uso da cogeração. Tal pensamento tomou força a partir da década de 70, quando ocorreram duas grandes crises mundiais de abastecimento de petróleo, a primeira em 1973 e a segunda em 1979. Com a chegada dessas crises, muitas ações que buscavam um maior aproveitamento do conteúdo de energia do combustível se intensificaram, desejando-se conseqüentemente reduzir qualquer desperdício no consumo de energia.

É inegável que a utilização de combustíveis de origem fóssil impulsionou e tem grande contribuição no desenvolvimento da humanidade uma vez que proporciona e proporcionou grandes avanços tecnológicos, porém os danos causados devido ao uso excessivo e único, até alguns anos atrás, nos colocou na posição de encontrarmos outras soluções para nossa necessidade, desenvolvendo dessa forma uma consciência de economia e ganho de eficiência, resultando em sistemas que consomem poucos recursos e que não agredem o meio ambiente.

A ideia de cogeração surgiu a partir desta necessidade e segundo a sua própria definição, trata da produção simultânea e sequencial de duas ou mais utilidades, calor de processo e energia mecânica ou elétrica. Desta forma para determinados processos que demandavam simultaneamente energia térmica e eletromecânica, esta aplicação de cogeração se apresentou como uma alternativa e com a vantagem do uso racional de combustível. A ideia de cogeração surgiu a partir desta necessidade e segundo a sua própria definição, trata da produção simultânea e sequencial de duas ou mais utilidades, calor de processo e energia mecânica ou elétrica. Desta forma para determinados processos que demandavam simultaneamente energia térmica e eletromecânica, esta aplicação de cogeração se apresentou como uma alternativa e com a vantagem do uso racional de combustível.

3.2 Geração Distribuída

Como se pode observar no último capítulo o desenvolvimento tecnológico da humanidade está muito ligado ao uso de energia em diversas formas e todo o desenvolvimento buscado para este fim, visa ter energia em nível acessível e suficiente para garantir toda a demanda que sustenta o desenvolvimento da sociedade.

No Brasil 85% da energia empregada é de origem hidráulica [22]. Em virtude disso nosso país possui um extenso e complexo sistema de distribuição para que a energia elétrica seja levada aos consumidores, uma vez que o território a ser coberto possui dimensões continentais.

Porém assim como no passado mais distante quando uma crise de combustível motivou a busca por outras formas de energia, no ano de 2001, um racionamento de energia deixou transparente a fragilidade do sistema brasileiro de geração abrindo espaço para a discussão de nossa dependência de recursos energéticos importados e falta de desenvolvimento de fontes alternativas de geração.

A cogeração constitui-se de uma das formas de geração distribuída, que é a geração de eletricidade realizada através de unidades específicas e que ficam localizadas próximas ao consumidor.

Deste modo também pode ser vista como uma alternativa, por utilizar combustíveis cujo fornecimento não está vulnerável a interrupções tornando a cogeração como geração distribuída algo atrativo tanto para os consumidores quanto para a sociedade em geral.

3.3 O que é Cogeração?

A cogeração é definida como o processo de produção combinado de energia térmica útil e energia eletromecânica, geralmente convertida total ou parcialmente em energia elétrica, a partir da energia química disponibilizada por um ou mais combustíveis, cujas principais vantagens em relação a outros processos são: o consumo menor de combustíveis e a conseqüente redução de emissões. [1]

Os produtos de combustão a alta temperatura, que podem variar de acordo com o combustível utilizado, possuem grande disponibilidade para conversão de sua energia interna. Quando se utiliza esta energia em baixas temperaturas como calor para processo, esta energia disponibilizada é dissipada. [1]

A cogeração visa o aprimoramento do potencial energético, obtendo uma forma de energia de maior qualidade termodinâmica (trabalho), abaixando a temperatura dos produtos de combustão que depois fornecem calor para o processo. [1]

3.4 Características da Cogeração

Através das oportunidades criadas nos últimos anos, setores industriais, comerciais e de serviços passaram em sua grande maioria a produzir, consumir e administrar parte de suas próprias necessidades de energia elétrica e térmica.

Desta forma o mercado de tecnologias e as pesquisas atraíram grandes investimentos tornando possível realizar o dimensionamento de usinas de cogeração complexas e cada vez maiores. É importante ressaltar a necessidade das instalações serem competitivas em termos de redução de custos, pois mesmo sendo uma solução com um alto grau de eficiência (que poderá ser observado na sequência deste trabalho) e benefícios, existem também no mercado outras ofertas para a geração de eletricidade e cada uma com suas particularidades, ganhos e perdas.

Pensando nesta evolução e em um sistema completo de cogeração, os principais equipamentos que compõe um projeto deste tipo, são os que através de um combustível (gás natural ou biomassa), produzam energia mecânica para mover um gerador e produzir energia elétrica. Aliado a este sistema, outros componentes são instalados para que a energia térmica seja aproveitada, pode ser citada como exemplo, a indústria sucroalcooleira que utiliza a queima do bagaço de cana-de-açúcar para produzir vapor que posteriormente é utilizado nos processos industriais. [2]

Abaixo estão descritas as características básicas dos equipamentos que comumente fazem parte dos projetos de cogeração.

3.4.1 Motores a Combustão

Motores de combustão interna são equipamentos capazes de transformar a energia interna química dos combustíveis em energia mecânica. Esta energia térmica é resultante da queima de uma mistura entre ar e combustível em uma das partes do motor chamada de câmara de combustão. [13]

O funcionamento dos motores a combustão se baseia no princípio de ciclos termodinâmicos onde os gases se expandem quando aquecidos, desta forma ao se controlar a expansão desses gases é possível se obter a pressão necessária que será utilizada para movimentar outras partes dos motores, no caso os pistões nas câmaras de combustão, transformando assim a energia química do combustível em energia mecânica.

Abaixo temos a representação de um motor à combustão interna:

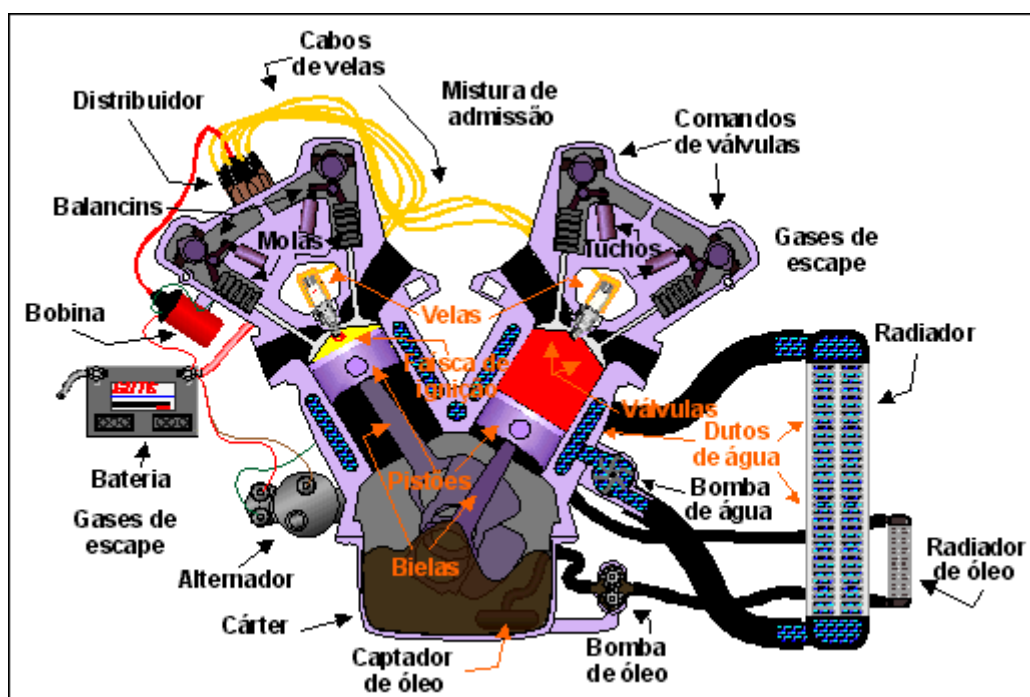


Figura 3.4.1a Arquitetura de um motor a combustão

Fonte: <http://www.wmnett.com.br> Acessado em Setembro/2012

3.4.2 Turbinas a Gás

O termo turbina a gás é mais comumente empregado em referência a um conjunto de três componentes principais: compressor, câmara de combustão e turbina propriamente dita. Esta configuração desempenha um ciclo termodinâmico a gás, cujo modelo ideal denomina-se Ciclo Brayton, concebido por George Brayton em 1870. [3]

Trata-se de um ciclo aberto onde o ar é admitido por um lado e os gases de escape após passarem pela turbina são descartados de volta para a atmosfera. Os combustíveis são diversos, desde gasosos como o gás natural ou como líquidos, diesel querosene ou óleos mais pesados.

Turbinas aeronáuticas e turbinas a gás são amplamente utilizadas na propulsão de aviões e outros tipos de aeronaves. Isto se deve principalmente a característica de alta densidade de potência em comparação com outras máquinas térmicas, desta forma as turbinas a gás geram maiores potências do que máquinas de mesmo peso. [3]

Para detalharmos a estrutura de uma turbina a gás começaremos pelo compressor onde cada estágio é formado por uma fileira de palhetas rotativas que impõe movimento ao fluxo de ar (energia cinética) e também formado por palhetas estáticas que utiliza a energia cinética para compressão. [3]

O ar sai do compressor a uma temperatura que varia de 300°C a 450°C. Cerca de metade da potência produzida pela turbina é utilizada no acionamento do compressor e o restante é a potência líquida gerada que pode movimentar um gerador elétrico, neste caso dedicado para a aplicação de gerar eletricidade. [3]

As turbinas podem possuir ciclos simples (Brayton) como o descrito acima ou operar em ciclos combinados onde após os gases expandirem na turbina saem da mesma e podem ter sua energia térmica recuperada numa caldeira e alimentar um ciclo de Rankine. Estes dois ciclos juntos formam o ciclo combinado que possui eficiência térmica frequentemente superior a 60%. [3] [14]

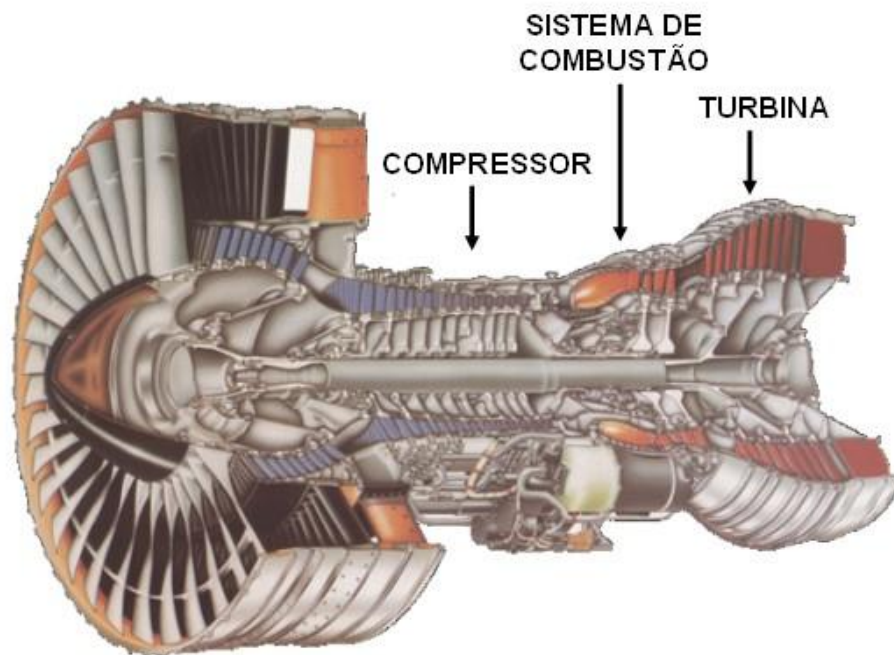


Figura 3.4.2a Arquitetura de uma Turbina a Gás

Fonte: <http://termeletricas.blogspot.com.br/2011/01/turbina-gas.html> Acessado em Setembro/2012

3.4.3 Caldeiras de Recuperação e Trocadores de Calor

As caldeiras de recuperação são equipamentos utilizados em conjunto com turbinas a gás ou motores de combustão interna e instalações de cogeração, elas utilizam os gases de exaustão a partir de processo de combustão ou fluxo de ar quente a partir de processos industriais para a produção de água quente ou vapor saturado.

Os trocadores de calor são dispositivos utilizados para realizar o processo da troca térmica entre dois fluidos em diferentes temperaturas, este processo é comum em muitas aplicações, como por exemplo, para o aquecimento ou resfriamento de ambientes, no condicionamento de ar, na produção de energia, na recuperação de calor e no processo químico. Devido a amplas aplicações, ainda hoje os trocadores passam por diversas modificações tecnológicas que buscam aperfeiçoar o projeto e o desempenho destes equipamentos.

3.4.4 Sistemas de Controle e Outros Componentes

Uma instalação de cogeração é composta pelos equipamentos descritos aqui acima e também por uma série de outros detalhes que vão desde conexões e interligações mecânicas e elétricas até sistema de automação que farão o controle de toda a operação.

Além dos motores de combustão interna e turbinas que estão disponíveis com diversas configurações que atendem as mais específicas aplicações e necessidades, os sistemas de cogeração também contam com outros itens que são demandados para compor uma instalação podendo ser citados itens como as Unidades Produtoras de Água refrigerada (Chiller), Tubulações para água quente e fria, painéis de comando e controle que podem se estender para centrais que operam de maneira remota.

3.5 Funcionamento de Sistemas de Cogeração

Os equipamentos anteriormente descritos são os itens básicos para funcionamento de um sistema de cogeração, outros itens como torres de resfriamento, painéis elétricos, rampas de gás também fazem parte desta composição, porém o intuito é sintetizar alguns pontos e proporcionar um conhecimento básico para que possamos estudar e entender o comportamento deste uso em outros países e quais as barreiras que devemos superar para tornar esta uma aplicação mais difundida no Brasil. Pensando no funcionamento completo de uma planta de cogeração com os equipamentos interligados, podemos analisar a figura abaixo que exemplifica esta aplicação.

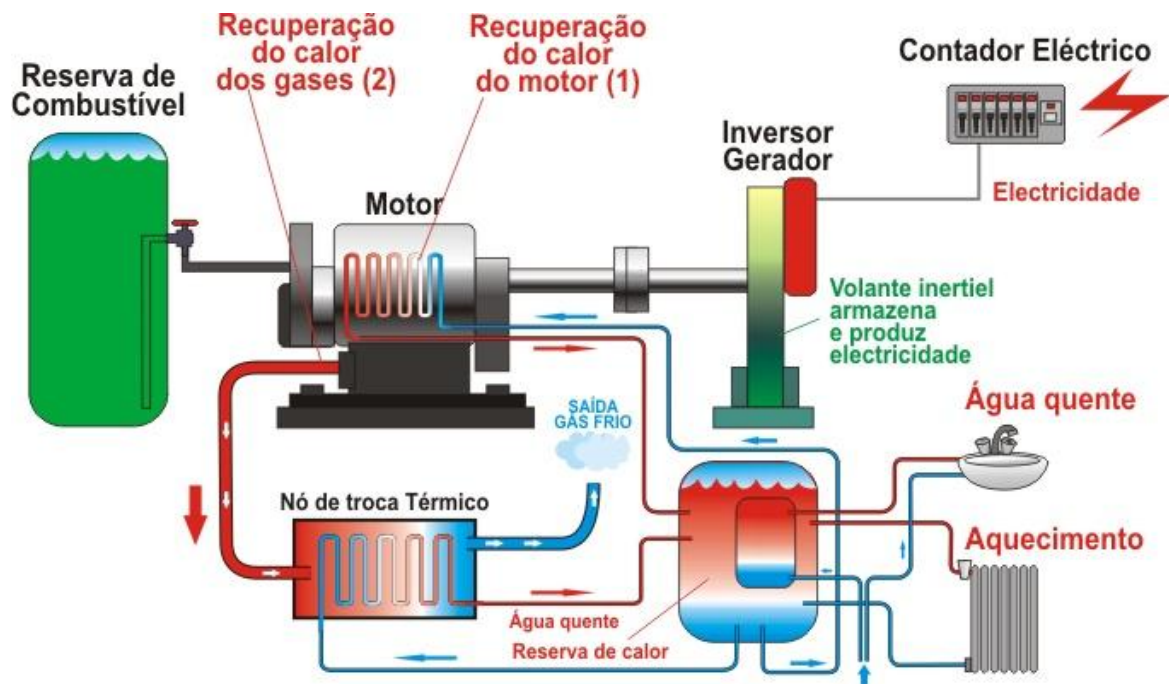


Figura 3.5a Sistema de Cogeração

Fonte: Energiestro http://www.energiestro.com/pg/pg_cogeneration.htm Acessado em Dezembro/2012

Na figura acima, que ilustra uma aplicação de Cogeração, podemos identificar que é utilizado um grupo moto gerador como fonte de transformação da energia térmica, queima de combustível em sua câmara de combustão, para energia mecânica e sequencialmente em energia elétrica através de um alternador. Para este caso exemplificado, dois chillers estão sendo utilizados para fazer a conversão do calor, que é despendido pelo grupo moto gerador, em água gelada ou água quente que poderão ser úteis em diversos processos de acordo com a necessidade de cada aplicação.

Diversas são as formas de construir e implantar uma usina de cogeração, não existe um único caminho a ser seguido e muito menos um modelo ideal, o que existe são demandas, ou seja, o que é descrito de maneira teoria nos livros e dissertações sobre este assunto, pode ser aplicado de diversas maneiras e o fator diferencial será a necessidade que cada solução exige. Dessa forma inicialmente é importante compreender todos os detalhes que motivaram o estudo da implantação de um sistema de cogeração, e verificar o que é mais importante para o processo, se será o atendimento da demanda elétrica através de equipamentos fabricados para isto ou se o aproveitamento térmico resultará no resultado mais positivo para um determinado processo.

Em algumas usinas a parte mais importante do sistema é a geração de eletricidade e atendimento muitas vezes da total demanda elétrica de algum empreendimento e para estes casos a cogeração é utilizada como fator redutor nos custos de consumo de combustíveis, redução de custos de energia elétrica comprada de concessionárias ou mitigação dos custos de refrigeração.

Para outros casos a refrigeração ou a geração de água quente é o principal motivador para instalação de uma usina de cogeração, pois em muitos casos o aproveitamento da energia térmica é utilizado nos próprios processos de produção, por exemplo, em cerâmicas, hospitais, cozinhas industriais, para conforto como no caso de shopping centers e prédios comerciais ou até mesmo em operações críticas como data centers.

3.6 Índices de Eficiência

As usinas termelétricas convencionais, queimando combustíveis fósseis, têm uma eficiência térmica da ordem de 30 a 40%, ou seja, estas são as percentagens da energia contida no combustível que são transformadas em trabalho mecânico. [4]

Ao analisarmos os detalhes dos princípios de funcionamento dos sistemas de cogeração e também todos os estudos sobre cada componente das usinas de cogeração é possível notar que a busca por maiores eficiências nesses sistemas proporciona uma redução nos impactos ambientais, além de vantagens econômicas.

Uma instalação de cogeração pode ter eficiência térmica de até 85%, proporcionando assim melhor uso à energia do combustível. [4]

4 A Cogeração no Brasil e no Mundo

Até este ponto observa-se que os sistemas de cogeração com o passar do tempo foram se aprimorando através da ampla utilização, através de pesquisas na busca de maior eficiência no aproveitamento energético e também em virtude da demanda de novas formas de geração de energia.

Nos antigos sistemas de cogeração o fator motivacional era a autossuficiência de energia elétrica, os equipamentos predominantes eram turbinas a vapor e poucos tipos de combustíveis eram utilizados no processo, essas limitações deram lugar a cogeração moderna onde a maior motivação para os produtores de energia é a venda dos excedentes da produção elétrica para as concessionárias.

Com os movimentos em prol de um meio ambiente cada vez mais limpo e livre de poluição, a redução de emissões e resíduos que o degradam também atuam neste novo cenário, outros equipamentos predominantes no sistema foram se modernizando e atualmente estão disponíveis em uma ampla linha oferecida no mercado. Além dos equipamentos uma grande quantidade de produtos e resíduos podem ser utilizados como combustíveis.

Através das pesquisas realizadas por empresas do setor energético e agências governamentais além de diversos trabalhos já realizados nesta área é possível observar que a evolução foi grande no desenvolvimento de equipamentos, combustíveis e formas de aplicação da cogeração, com isso veremos nos próximos capítulos qual é o cenário mundial da cogeração, números que mostrarão qual a porcentagem de utilização que os sistemas de cogeração ocupam em diversos países e como este tipo de geração e utilização de energia tem auxiliado a sociedade, além de analisarmos e compararmos com os casos que possuímos instalados em nosso território nacional.

4.1 Dados Cronológicos

Os primeiros sistemas de cogeração foram instalados no final do século XIX nos Estados Unidos e também em alguns países da Europa. [5]

Esses sistemas possuíam como equipamento predominante uma máquina a vapor acoplada a um eixo e a um gerador elétrico. A central de *Pearl Street Station* de Thomas Edison iniciou suas operações em 1882 na cidade de Nova Iorque, e segundo registros essa foi à primeira aplicação deste princípio. Esta central produzia energia elétrica para abastecer Manhattan de iluminação pública e também calor para as fábricas e prédios situados na proximidade da central. [5]

Porém ao longo do século XX as implantações foram ocorrendo de maneira diferente, sendo mais desenvolvidas em países mais frios por haver uma necessidade muito grande, e em primeira instância, de energia térmica, com o intuito de proporcionar conforto.

Esses sistemas eram conhecidos nos EUA como “redes de vapor” e alguns deles funcionam até os dias de hoje em algumas grandes metrópoles norte-americanas, sendo utilizados para aquecimento de seções e distritos. [5]

Por um período longo a utilização da cogeração foi suprimida em virtude da ampla utilização de combustíveis de origem fóssil que contribuíram de maneira muito significativa para o desenvolvimento da humanidade. Quando começaram a ser construídas grandes centrais termelétricas o custo de energia elétrica abaixou e as empresas passaram a comprar eletricidade e não mais produzir. Com isso a aplicação de cogeração nos Estados Unidos se restringiu apenas a empresas de setores como refinarias, indústrias de papel e químicas, pois as mesmas demandavam grande quantidade de energia elétrica e vapor em seus processos além de possuírem fácil acesso a combustível e com um custo menor. Entretanto conforme citado no início deste trabalho duas crises de petróleo contribuíram para um impulso do uso da cogeração.

A comunidade ambientalista e a criação da EWG (*Exempt Wholesale Generator*) nos EUA, que era uma organização de produtores de energia, também contribuíram muito para os avanços na área da cogeração. Em um mesmo momento na Europa, ao longo dos últimos anos esta solução de produção de energia recebeu um grande apoio comunitário proporcionando várias nações a se tornarem referências no uso deste recurso e que tornaram a cogeração uma base para as políticas em suas matrizes energéticas.

Atualmente existe uma corrente forte para que ocorra redução nos níveis de emissões e utilização de recursos naturais e também ha uma constante busca por maior eficiência na produção de energia, esses fatores proporcionam à cogeração maior espaço no mercado e na política de diversos países, incluindo países tropicais.

4.2 A Cogeração nos Últimos Anos

O material utilizado como base para esta pesquisa foi criado pela IEA que procura fornecer ferramentas e informação para entendermos o potencial da Cogeração e para que os países possam identificar políticas apropriadas para um sistema energético mais confiável e independente. [6]

Estima-se que a um nível global a capacidade instalada esteja próxima dos 330GWe, o que corresponde a 10% da capacidade de produção elétrica mundial segundo a Agencia Internacional de Energia. [7]

A Tabela abaixo mostra a capacidade instalada total em MWe, em alguns países até o ano de 2007 segundo dados da própria agência internacional.

Tabela 4.2a Capacidades Instaladas de Cogeração

Fonte: CHP Report provided by IEA – Tabela Adaptada da Fonte

http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/chp_report-1.pdf Acessado em

Outubro/2012

País	Capacidade Instalada MWe
Austrália	1864
Áustria	3250
Bélgica	1890
Brasil	1316
Bulgária	1190
Canadá	6765
China	28153
Coréia do Sul	4522
Dinamarca	5690
Eslováquia	5410
Espanha	6045
Estados Unidos da América	84707

Continua da primeira.

País	Capacidade Instalada MWe
Estônia	1600
Finlândia	5830
Formosa	7378
França	6600
Grécia	240
Holanda	7160
Hungria	2050
Índia	10012
Indonésia	1203
Irlanda	110
Itália	5890
Japão	8723
Letônia	590
Lituânia	1040
México	2838
Polônia	8310
Portugal	1080
Reino Unido	5440
República Checa	5200
Romênia	5250
Rússia	65100
Singapura	1602
Suécia	3490
Turquia	790

A meta determinada pela União Europeia era de em 2010 ter atingido uma fatia de 18% de energia elétrica produzida por sistemas de cogeração e na figura abaixo se pode observar as perspectivas de evolução da cogeração na produção global de energia elétrica dentro da UE. [7]

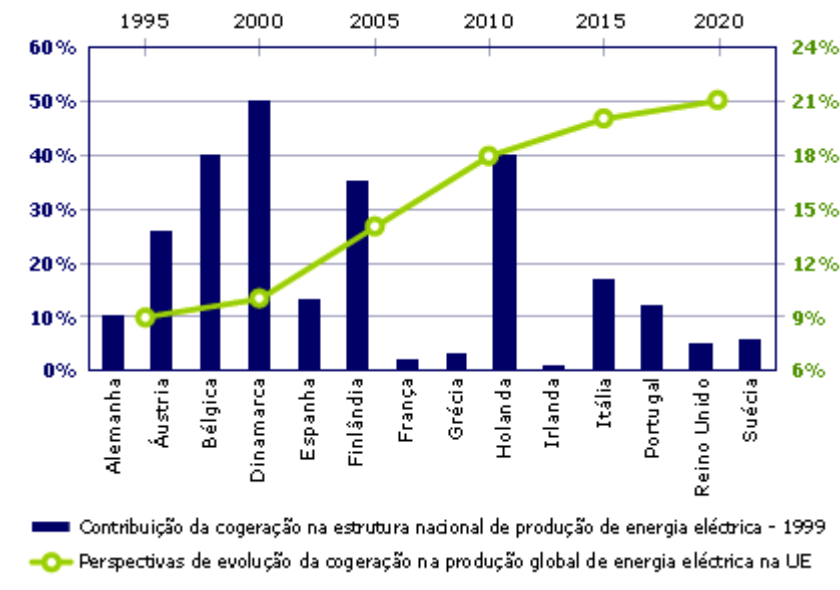


Figura 4.2a Perspectivas de evolução na UE.

Fonte: www.turbomar.pt Acessado em Outubro/2012

Mensurar e avaliar o poder de evolução e a capacidade das instalações de cogeração nos países é algo extremamente complexo, pois alguns fatores influenciam diretamente nos dados que são pesquisados, tais como as necessidades de energia térmica e eletricidade que alguns setores da sociedade irão demandar, ou seja, é necessária primeiramente uma análise prévia do quanto os setores industriais, comerciais ou residenciais irão necessitar deste recurso para após isso estimar os dados de projeção.

Outro ponto importante são as políticas de incentivo que cada país possua implantadas em seu território, metas de redução de emissões ou de descentralização de produção de energia contribuem para números altos no que diz respeito à evolução da cogeração.

4.3 Projeções

Levando em consideração estes pontos diversos estudos têm sido realizados e os pontos abaixo são os que mais se destacam segundo o *Combined Heat and Power Report* desenvolvido pela IEA. [8]

A cogeração na UE, até 2025, provê um aumento muito significativo em relação ao potencial instalado atualmente, prevendo que 17% de toda a produção elétrica seja obtida através desta forma. Mesmo com esta projeção cada país precisa efetuar estudos ainda mais aprofundados neste campo. [7]

A Alemanha tem o objetivo de alcançar uma marca alta onde 25% da produção de eletricidade nacional seja realizada através da cogeração até o ano de 2020. O governo alemão instituiu diversas formas de incentivo e uma política dedicada para auxiliar este crescimento. Hoje o país depende muito da energia proporcionada através de combustíveis fósseis e também de biomassa. [7]

Na Inglaterra estima-se que o aumento da capacidade instalada em cogeração seja de 10,6GWe até 2015, trata-se de um aumento significativo baseado nos estudos que são realizados no país.

Nos Estados Unidos o governo prevê um potencial de cogeração que varia entre 48GWe e 150GWe até o ano de 2015. Com esses valores o atual número de 8% passará a ser de 21% do setor de energia americano. [7]

No Canadá o governo identificou um potencial para a cogeração no país de 15,5GWe até o ano de 2015, fazendo com que os 6% do setor de energia elétrica provido através de cogeração passe para 12%. [7]

O Japão analisa os números de seu potencial e os mesmo indicam um potencial de 29,4GWe até 2030. [7]

Em países emergentes como a Índia analisando apenas o setor industrial estima-se um potencial de 7,5GWe. [7]

Observa-se que mesmo com diversos incentivos do governo e também com números expressivos de expansão os países ainda não possuem sua capacidade de produção através de cogeração concretizadas.

A figura abaixo apresenta de maneira gráfica o cenário para as projeções 2015 a 2030.

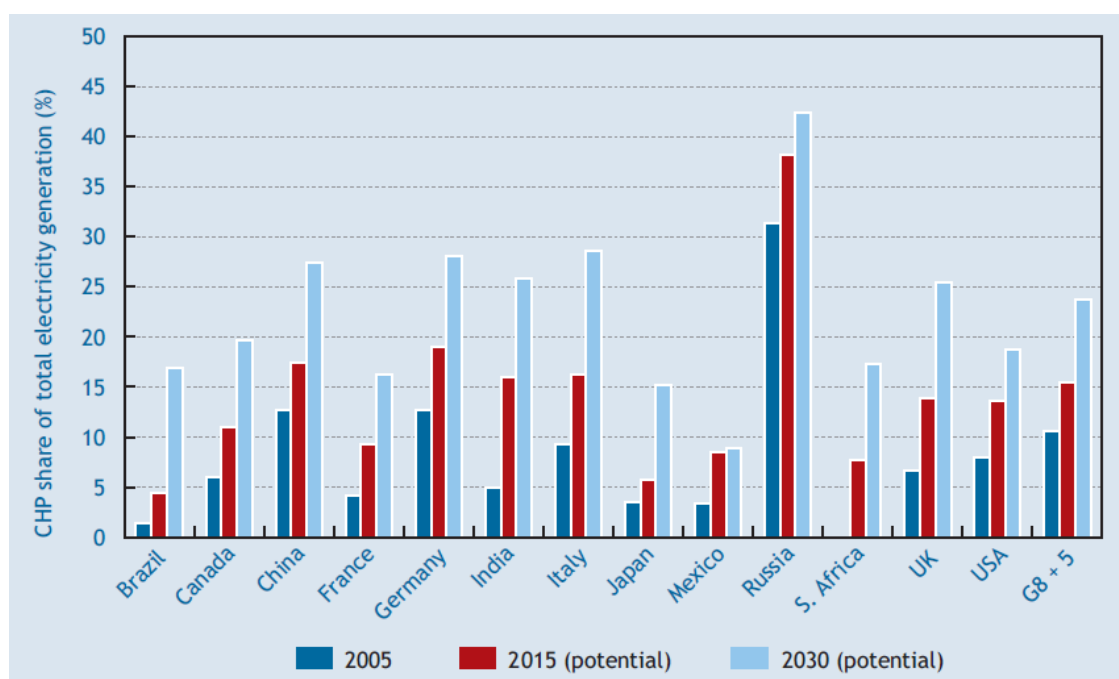


Figura 4.3a Países do G8+5. Potenciais sob um cenário acelerado de cogeração

Fonte: CHP Report provide by IEA

http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/chp_report-1.pdf Acessado em

Outubro/2012

4.4 País Exemplo

Após analisarmos os dados estatísticos dos países que compõe a UE e que demandam muitos estudos e conseqüentemente avançam cada dia mais na utilização do recurso da cogeração, os Estados Unidos que foram os primeiros a possuir aplicações práticas em cogeração e também os países emergentes que buscam alternativas e outras fontes de energia visando se tornarem menos dependentes de combustíveis fósseis e com uma maior diversificação de suas formas de produção, temos um país específico que aplica com eficácia programas de eficiência energética.

A Dinamarca após superar a crise de 1973, passou a reformular todo o processo de produção de energia, modernizando as instalações e diversificando os tipos de combustíveis utilizados.

Deixando de atribuir todo o seu progresso a combustíveis fósseis e investindo no uso da biomassa que assumiram uma posição importante no cenário energético do país, além dos investimentos em modernas usinas de cogeração que utilizam como combustíveis diversos tipos de resíduos.

Das muitas formas de incentivos que o país teve, a criação de uma rede de climatização é a que detém maior parte da responsabilidade do sucesso e bons resultados alcançados. Hoje existem mais de dois milhões e meio de residências que necessitam de aquecimento na Dinamarca e atualmente 60% dos lares são abrangidos por este aquecimento urbano.

O maior sistema de aquecimento construído na Dinamarca fica localizado na cidade de Copenhagen onde aproximadamente 93% da população utiliza este serviço que chega às residências através de uma rede de 54 km de tubos de aquecimento. [7]

Este sistema de aquecimento é conhecido como DHC (*District Heat and Cooling*). Este exemplo pode ser observado na figura abaixo:

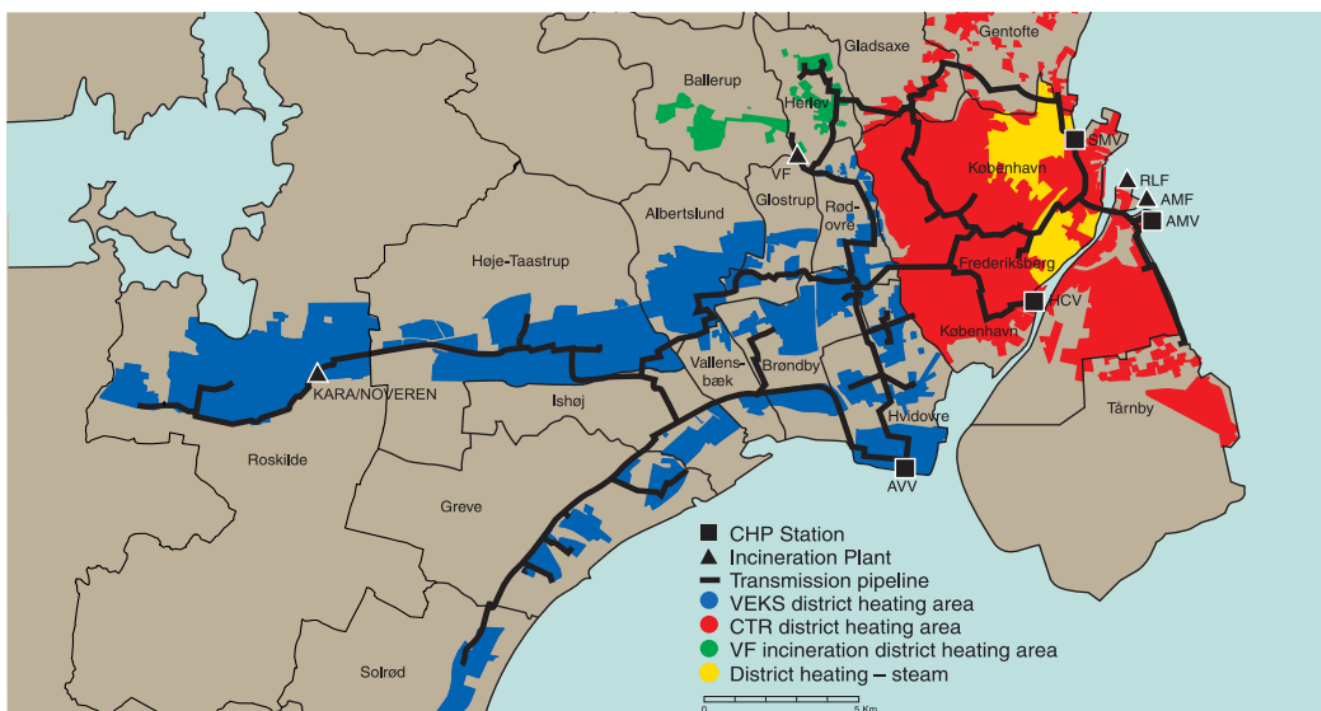


Figura 4.4a DHC em Copenhagen

Fonte: DHC – *Danish Board of District Heating*

http://dbdh.dk/images/uploads/pdf-diverse/District_heating_in_Copenhagen.pdf Acessado em

Novembro/2012

Na Figura 4.4a acima podemos verificar que de acordo com a legenda os quadrados negros apresentados representam as estações de geração (*CHP Station*), os triângulos negros representam as plantas de incineração (*Incineration Plant*), as linhas negras equivalem às tubulações de transmissão (*Transmission Pipeline*). A área em azul é chamada de VEKS (*Vestegnens Kraftvarmeselskab I/S*), trata-se de uma companhia de transmissão que é responsável por abastecer de calor 20 companhias locais nestas regiões apresentadas e estas por sua vez fazem o fornecimento para o consumidor final. A área apresentada em vermelho pertence à CTR (*Metropolitan Copenhagen Heating Transmission Company*), que assim como a VEKS, é uma empresa de transmissão e que obtém o calor oriundo das plantas de incineração. O que podemos observar em verde no mapa são as áreas de incineração do DHC e as áreas representadas pela cor amarela são responsáveis pelo vapor que será distribuído.

Desde 1980 a análise da economia dinamarquesa indica um crescimento de 78%. Analisando os dados a partir de 1990 até 2007 o crescimento econômico foi de 45% e no mesmo período a redução das emissões de CO₂ foi de 13%. [7]

Com estes avanços a Dinamarca se manteve em uma posição firme dentre os países desenvolvidos, com um crescimento econômico relevante e em comparação com os países da UE e outros da América e Ásia, obteve os resultados mais eficientes ao utilizar energias de fontes primárias e ainda promoveu redução nas emissões de CO₂.

4.5 DHC

Os sistemas DHC estão presentes não apenas na Dinamarca, mas também foram construídos em países como Finlândia, Suécia, Letônia e outros localizados ao norte da Europa representando mais de 50% do mercado de aquecimento. Porém ao nível da UE este sistema representa apenas uma pequena fração do mercado. [7]

Em países da América do Norte este sistema também é utilizado em muitas cidades, o mais antigo do mundo em operação comercial está localizado na cidade de Denver, iniciou suas operações em 1880 e continua a servir até hoje 135 clientes. No Japão 87 empresas operam este sistema de aquecimento urbano e servem 148 distritos. [7]

O sistema de DHC possui uma fonte única e centralizada de produção de água quente, vapor e água gelada que é interligada aos prédios e casas através de uma rede canalizada. O objetivo é distribuir este calor de modo que a população possa utilizar para o aquecimento dos ambientes, em sistemas de ar condicionado dentre outras aplicações.

Cada cliente da rede de DHC possui um dispositivo chamado de permutador de calor fazendo com que este seja uma interface entre a rede e o sistema instalado na residência ou outro local. Dessa forma a rede DHC se torna o circuito primário e a central instalada no cliente o circuito secundário que passam a trocar calor entre os sistemas quando a necessidade é aquecer. [9]

Quando a necessidade é de arrefecimento cada cliente possui um chiller de absorção que recebera do sistema DHC a água quente que inicia o processo de refrigeração.

Na imagem abaixo podemos observar o fluxograma de uma rede DHC.

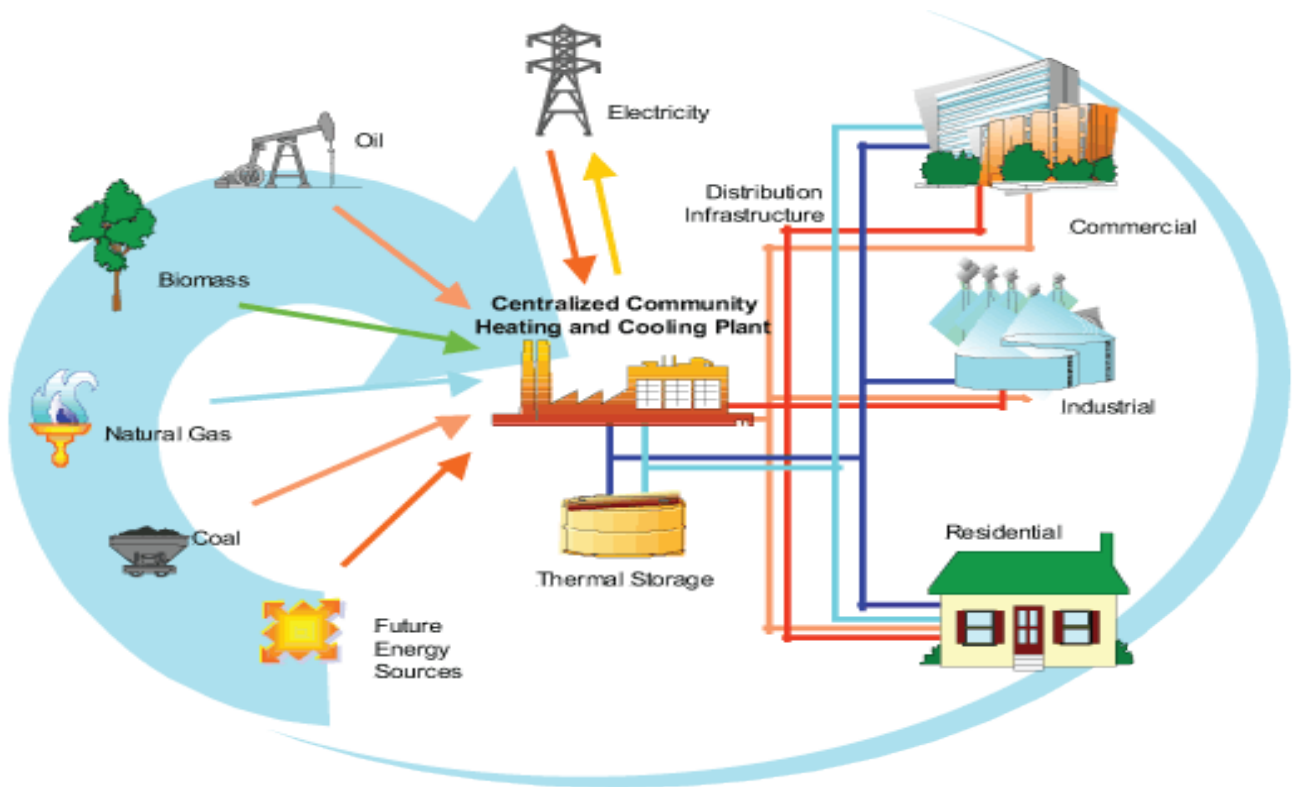


Figura 4.5a Fluxograma de uma rede DHC – *International District Energy Association*

Fonte: Bloomington MN Government Site

<http://www.ci.bloomington.mn.us/cityhall/dept/commdev/planning/longrang/southloop/distrenergy.htm>

Acessado em: Outubro de 2012

Na Figura 4.5a acima é possível observar que a Planta Centralizada para Geração de Calor e Refrigeração Comunitária (*Centralized Community Heating and Cooling Plant*) possui um Armazenamento Térmico (*Thermal Storage*) e tem como fonte primária a utilização de combustíveis fósseis (*Oil*), biomassa (*Biomass*), gás natural (*Natural Gas*), carvão (*Coal*) além de estar prepara para receber outras fontes futuras de energia (*Future Energy Sources*). A Central de Geração por sua vez gera eletricidade (*Electricity*), e através de uma infraestrutura de distribuição (*Distribution Infrastructure*), abastece os setores comercial (*Commercial*), industrial (*Industrial*) e residencial (*Residential*).

Os grandes objetivos da utilização e implantação de um sistema DHC são: o aumento da eficiência no uso da energia, redução na quantidade de emissões, permitir o uso de vários tipos de combustíveis e para isto podemos incluir biomassa e outros renováveis além de estabilizar e reduzir os custos de manutenção dos equipamentos e o custo do negócio para os investidores.

Segundo estudos da entidade *Euroheat & Power* a utilização das redes DHC associadas à cogeração reduzam a emissão de gases de efeito estufa em cerca de 4% e que em um cenário onde estas redes não existissem essas mesmas emissões seriam 6% superiores em relação às valores que são medidos hoje. [10]

4.6 A Posição do Brasil

No mesmo período em que foi inaugurada a instalação da *Pearl Street Central Station*, conforme já descrito, no estado do Rio de Janeiro / Brasil e mais especificamente na cidade de Campos dos Goytacazes a Câmara Municipal aprovou a substituição da iluminação pública a gás pela iluminação a energia elétrica, e dois anos depois em junho de 1883, na mesma cidade foi inaugurado o primeiro serviço de iluminação elétrica da América do Sul. [15]

Seis anos depois desse fato, em 1889, a primeira hidroelétrica da América do Sul foi inaugurada. A Usina de Marmelos foi construída para abastecer a fábrica de tecidos do industrial mineiro Bernardo Mascarenhas e também para fornecer energia elétrica para a cidade de Juiz de Fora no estado de Minas Gerais. [15]

A iluminação por eletricidade da estação central da ferrovia Dom Pedro II (Central do Brasil) e o início das operações de uma central hidroelétrica localizada em Ribeirão do Inferno na cidade de Diamantina em Minas Gerais foram os dois eventos que antecederam as experiências em Campos e em Juiz de Fora, porém essas duas últimas são consideradas mais importantes em virtude de suas capacidades. [15]

Comparando as épocas em que as centrais de geração foram inauguradas nos Estados Unidos e as primeiras centrais de geração brasileiras de serviço público iniciaram as operações, é possível notar o curto espaço de tempo em que estes usos passaram a entrar em vigor. Ao contrário do que aconteceu com o início da utilização de iluminação a gás e a chegada do transporte coletivo sobre trilhos que ocorreram no Brasil anos depois de já possuírem uma ampla utilização na Europa e nos Estados Unidos, o desenvolvimento da eletricidade ocorreu em paralelo.

O Brasil hoje faz parte do grupo de países em que a produção de eletricidade é realizada em maior quantidade através de usinas hidroelétricas. Essas usinas correspondem a 75% da potência instalada no país e geraram em 2005, 93% da energia requerida no Sistema Interligado Nacional – SIN. [11]

Cumprir notar ainda que apenas cerca de 30% do potencial hidroelétrico nacional se encontra explorado, proporção bem menor do que a observada nos países industrializados. [11]

Sobre o potencial hidroelétrico brasileiro, a estimativa é a que foi utilizada no plano 2015: 261,4 GW. Desse total 32% correspondem a um potencial pouco conhecido, dito estimado, e 43% estão localizados na Região Norte. [11]. Porém o mercado de energia no Brasil começou a se abrir a partir do racionamento que ocorreu no ano de 2001.

Sendo nossa produção feita através de hidroelétricas em grandes centrais remotas, nos encontramos ainda atrasados no aproveitamento da solução de Cogeração.

Entretanto, não se espera que a evolução seja tão nítida como em alguns dos países já citados. Mesmo dessa forma, sendo o Brasil um país de referência no campo dos biocombustíveis isso implica um potencial em relação à Cogeração que precisa ser explorado mais e não deixado em segundo plano.

A cogeração no Brasil é atualmente implantada em poucos setores industriais e destacam-se neste uso as indústrias de papel e celulose, petroquímica e sucroalcooleira. Dentre estas indústrias citadas a que ocupa hoje um papel de destaque é a sucroalcooleira que utiliza o bagaço da cana-de-açúcar como fonte de combustível.

Apesar de já ser utilizada há décadas, a venda de excedentes de energia elétrica gerada através da cogeração era desfavorecida em virtude das baixas tarifas que eram cobradas através de contratos e também por não haver nenhuma regra ou regulamentação que protegesse esses valores de flutuações devido à inflação.

Olhando para a atual condição dos sistemas de cogeração grandes expectativas são geradas quando observamos as alterações que estão sendo realizadas em nosso país.

Citando as recentes leis que foram editadas referentes à concessão de serviços públicos (Lei 8987, de 13 de fevereiro de 1995) e à produção independente de energia (Lei 9074, de 08 de julho de 1995), que mesmo sem apresentar detalhes claros sobre a cogeração como sendo um processo mais eficiente de produção térmica, algumas melhorias já podem ser notadas sobre as possibilidades de geração e a comercialização de excedentes. Maiores detalhes sobre a legislação brasileira de cogeração pode ser observado no capítulo a seguir.

Outro ponto que visa promover maiores estímulos ao uso da cogeração é o aumento da disponibilidade de gás natural, através das recentes descobertas na bacia de Santos e a atual utilização do gasoduto Brasil-Bolívia, além dos incentivos para o uso deste gás para cogeração são pontos e ações que podem fortalecer esta aplicação dentro da matriz energética brasileira.

O Brasil possui hoje segundo dados disponíveis no site da ANEEL, 81 Termelétricas com Cogeração, sendo 6 em outorga, ou seja, que aguardam aprovação, 2 em construção e 73 em operação no país. [12]

A potência instalada das usinas que estão em operação chega a aproximadamente 2.555.000 kW, como pode ser observado na tabela abaixo que contém a descrição básica das usinas de cogeração instaladas no país atualmente.

Nas tabelas que seguem estão apresentadas as usinas de cogeração que estão em estado de outorga e que representam um potencial de 22.261 kW e as usinas que estão em estado de construção e representando um potencial de 13.158 kW.

Tabela 4.6a Usinas de Cogeração em Operação no Brasil – Editada da Fonte

Fonte: ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/CoGeracaoTipoFase.asp?tipo=2&fase=3>

Acessado em Novembro/2012

Usina	Potência (kW)	Município	Combustível
Açominas	102.890	Ouro Branco - MG	Gás de Alto Forno
Camaçari	208.000	Camaçari - BA	Gás Natural
Cogeração International Paper - Fases I e II	50.500	Mogi Guaçu - SP	Óleo Combustível
Colombo	105.500	Ariranha - SP	Bagaço de Cana de Açúcar
Energy Works Kaiser Pacatuba	5.552	Pacatuba - CE	Gás Natural
Copesul	74.400	Triunfo - RS	Gás de Processo
Globo	5.160	Duque de Caxias - RJ	Gás Natural
Ipatinga	40.000	Ipatinga - MG	Gás de Alto Forno
Suape, CGDe, Koblitz Energia Ltda.	4.000	Cabo de Santo Agostinho - PE	Gás Natural
Suzano	38.400	Suzano - SP	Gás Natural
Celpav IV	139.424	Jacareí - SP	Gás Natural
São José	84.805	Macatuba - SP	Bagaço de Cana de Açúcar
Barra Grande de Lençóis	62.900	Lençóis Paulista - SP	Bagaço de Cana de Açúcar
LDC Bioenergia Leme (Antiga Coimbra - Cresciumal)	42.300	Leme - SP	Bagaço de Cana de Açúcar
Energy Works Kaiser Jacareí	8.592	Jacareí - SP	Gás Natural
Celso Furtado (Antiga Termobahia Fase I)	185.891	São Francisco do Conde - BA	Gás Natural
São Francisco	25.200	Sertãozinho - SP	Bagaço de Cana de Açúcar
Lucélia	15.700	Lucélia - SP	Bagaço de Cana de Açúcar
Santa Adélia	42.000	Jaboticabal - SP	Bagaço de Cana de Açúcar
Brahma	13.080	Rio de Janeiro RJ	Gás Natural

Continua da primeira.

Usina	Potência (kW)	Município	Combustível
Basf Guaratinguetá	3.050	Guaratinguetá - SP	Óleo Diesel
UGPU	7.700	Jundiaí - SP	Gás Natural
Capuava	18.020	Santo André - SP	Óleo Combustível
Mandu	65.000	Guaíra - SP	Bagaço de Cana de Açúcar
Guarani - Cruz Alta	40.000	Olímpia - SP	Bagaço de Cana de Açúcar
São José da Estiva	19.500	Novo Horizonte - SP	Bagaço de Cana de Açúcar
PROJAC Central Globo de Produção	4.950	Rio de Janeiro - RJ	Gás Natural
Unidade de Geração de Energia -Área II	6.000	Limeira - SP	Gás Natural
Rhodia Paulínia	12.098	Paulínia - SP	Gás Natural
Iguatemi Fortaleza	4.794	Fortaleza - CE	Gás Natural
Cesar Park Business Hotel/Globenergy	2.100	Guarulhos - SP	Gás Natural
Bayer	3.840	São Paulo - SP	Gás Natural
Euzébio Rocha (Antiga Cubatão - CCBS)	249.900	Cubatão - SP	Gás Natural
CTE Fibra	8.812	Americana - SP	Gás Natural
Catanduva (Antiga Cerradinho)	75.000	Catanduva - SP	Bagaço de Cana de Açúcar
Pioneiros	42.000	Sud Mennucci - SP	Bagaço de Cana de Açúcar
Iguatemi Bahia	8.316	Salvador - BA	Gás Natural
EnergyWorks Corn Products Mogi	30.775	Mogi Guaçu - SP	Gás Natural
EnergyWorks Corn Products Balsa	9.199	Balsa Nova - PR	Gás Natural
Colorado	52.760	Guaíra - SP	Bagaço de Cana de Açúcar
Santa Terezinha Paranacity	46.000	Paranacity - PR	Bagaço de Cana de Açúcar
Shopping Taboão	3.355	Taboão da Serra - SP	Gás Natural
Santa Elisa - Unidade I	58.000	Sertãozinho - SP	Bagaço Cana de Açúcar

Continua da segunda.

Usina	Potência (kW)	Município	Combustível
Carioca Shopping	3.200	Rio de Janeiro - RJ	Gás Natural
IGW/Service Energy	2.825	São Paulo - SP	Gás Natural
Santo Antônio	23.000	Sertãozinho - SP	Bagaço de Cana de Açúcar
Stepie Ulb	3.300	Canoas - RS	Gás Natural
Eucatex	9.800	Salto - SP	Gás Natural
Jacareí	10.500	Jacareí - SP	Gás Natural
Campo Florido	30.000	Campo Florido - MG	Bagaço de Cana de Açúcar
Coruripe Iturama	24.000	Iturama - MG	Bagaço de Cana de Açúcar
Bunge Araxá	23.000	Araxá - MG	Enxofre
Millennium	4.781	Camaçari - BA	Gás Natural
CENPES - Petrobrás	16.065	Rio de Janeiro - RJ	Gás Natural
Veracel	117.045	Eunápolis - BA	Licor Negro
Hotel Sofitel	264	São Paulo - SP	Óleo Diesel
Pamesa	4.072	Cabo de Santo Agostinho - PE	Gás Natural
Sonda - São Bernardo	2.160	São Bernardo do Campo - SP	Óleo Diesel
Sonda - Penha	691	São Paulo - SP	Óleo Diesel
Imcopa	7.000	Araucária - PR	Gás Natural
Quirinópolis	80.000	Quirinópolis - GO	Bagaço de Cana de Açúcar
Goodyear - Divisão Spiraflex	972	Osasco - SP	Óleo Diesel
Sonda - Santo Amaro	1.800	São Paulo - SP	Óleo Diesel
Aeroporto de Maceió	790	Maceió - AL	Gás Natural
Funfarme	1.609	São José do Rio Preto - SP	Óleo Diesel
Usiminas 2	63.155	Ipatinga - MG	Gás de Alto Forno
Alumar	75.200	São Luís - MA	Carvão Mineral
Ahlstrom	1.300	Louveira - SP	Gás Natural
Shopping Interlagos	1.750	São Paulo - SP	Gás Natural
Edifício Rochaverá	5.470	São Paulo - SP	Óleo Diesel
Levori	4.110	Guarulhos - SP	Gás Natural
Shopping Campo Grande	4.655	Campo Grande - MS	Gás Natural
Cabot Mauá	7.000	Mauá - SP	Gás de Processo

Tabela 4.6b Usinas de Cogeração em Outorga no Brasil – Editada da Fonte

Fonte: ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/CoGeracaoTipoFase.asp?tipo=2&fase=3>

Acessado em Novembro/2012

Legenda					
PIE	Produção Independente de Energia				
REG	Registro				
Usina	Potência (kW)	Destino da Energia	Proprietário	Município	Combustível
S. A. V. - Unisinos	4.600	REG	100% <u>Associação Antônio Vieira</u>	São Leopoldo - RS	Gás Natural
Praia da Costa	3.646	REG	100% <u>Construtora Sá Cavalcanti Ltda</u>	Vila Velha - ES	Gás Natural
Rio de Janeiro Refrescos Coca Cola	4.800	REG	100% <u>Rio de Janeiro Refrescos Ltda</u>	Rio de Janeiro - RJ	Gás Natural
Engevix-Blu 1	3.000	REG	100% <u>Engevix Engenharia S/A</u>	Blumenau - SC	Gás Natural
Cogeradora Biancogrês	4.915	REG	100% <u>Biancogrês Cerâmica S/A</u>	Serra - ES	Gás Natural
Bangu Shopping	1.300	REG	100% <u>BSC Shopping Center S.A.</u>	Rio de Janeiro - RJ	Gás Natural

Tabela 4.6c Usinas de Cogeração em Construção no Brasil – Editada da Fonte

Fonte: ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/CoGeracaoTipoFase.asp?tipo=2&fase=3>

Acessado em Novembro/2012

Usina	Potência (kW)	Destino da Energia	Proprietário	Município	Combustível
<u>Camaçari Ambev</u>	5.256	PIE	100% <u>Companhia Brasileira de Bebidas</u>	Camaçari - BA	Gás Natural
<u>Jaguariúna</u>	7.902	PIE	100% <u>Companhia Brasileira de Bebidas</u>	Jaguariúna - SP	Gás Natural

Mesmo com uma grande quantidade de usinas em operação e com um comprovado potencial em relação à cogeração no Brasil, a falta de políticas de incentivo ao seu uso e também possuindo uma deficiência na estrutura em um dos combustíveis que maior contribuiria para o desenvolvimento da cogeração que é o gás natural, o desenvolvimento da cogeração no Brasil ainda caminha devagar, muito em virtude das mudanças que o governo providencia nas tarifas de eletricidade e também as tarifas praticadas pelas distribuidoras de gás natural dessa forma está alguns passos atrás até mesmo de outros países emergentes como China, Rússia e Índia.

4.7 Legislação Brasileira de Cogeração

Considerando as vantagens que a cogeração traz possibilitando um melhor aproveitamento dos combustíveis e proporcionando benefícios para a sociedade e para o meio ambiente, os países que possuem maiores desenvolvimentos neste setor foram os que estabeleceram incentivos ao uso da cogeração.

Podemos citar o Decreto-Lei nº: 1.872, de 21 de maio de 1981, foi o primeiro a citar regras para a atividade de cogeração, até o momento figurava apenas como um autoprodutor de energia elétrica. O artigo 1 considera que os concessionários de serviço público de eletricidade ficam autorizados a adquirir de autoprodutores de energia elétrica excedente por estes gerada com a utilização de fontes energéticas que não empreguem combustíveis derivado de petróleo. Posteriormente este Decreto foi revogado pela Lei 9.648 de 27.05.1998. [18].

Antes da década de 90, o órgão responsável pelas portarias, portarias ministeriais e decreto-lei que direcionavam a política energética era o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE). Todos os decretos-lei e portarias até então só se referiam às normas e aos regulamentos para os autoprodutores de energia elétrica que já podiam vender o excedente de energia gerado. [19]

A legislação até então era mais genérica e não havia na legislação um incentivo a viabilização do crescimento da cogeração, não havendo também distinção entre usuários de combustíveis fósseis e usuários de fontes renováveis. [19]

A partir da década de 90 o setor elétrico passou por reestruturações profundas assim como a política governamental, promovendo o início da privatização de empresas públicas. Foi criado a partir de 1993 o SINTREL (Sistema Nacional de Transmissão de Energia Elétrica) que é administrado pela ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras) e foi através deste órgão que os autoprodutores das regiões Sul/Sudeste/Centro Oeste e Norte/Nordeste foram conectados a malha básica de transmissão dos sistemas interligados. [19]

No Brasil, mesmo com um atraso de quase 25 anos e seguindo o que foi realizado em outros países a implementação de políticas de real incentivo a cogeração ocorreram no ano de 1996 através do Decreto nº. 2.003 que de forma discreta permitia ao cogrador a comercialização de energia elétrica junto aos integrantes de seu complexo industrial ou comercial, aos quais forneça vapor ou outro insumo oriundo de processo de cogeração, mesmo que este consumidor venha a ser cativo da concessionária de distribuição e transmissão, regulamentando a produção de energia elétrica por produtor independente de energia elétrica e por autoprodutor. A criação deste produtor independente de energia foi importante, pois demarcou a atividade de cogeração no Brasil. [16]

A Lei nº. 9.991/2000 descreve sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica. Em seu artigo 1º está descrito que as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica, são obrigadas a aplicar anualmente o montante de no mínimo 1% de suas receitas operacionais líquidas em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico. [17]

Através da Lei nº 10.438/2002, regulamentada pela Resolução Normativa ANEEL nº. 77, de 18 de agosto de 2004, houve uma redução de 50% nas tarifas de transmissão e distribuição para centrais cogedoras que produzam até 30 MW de potência e enquadradas na modalidade de cogeração qualificada (ver próximo capítulo).

Além destes incentivos citados acima é permitido realizar incentivos regionais destinados a cogeração. O estado de São Paulo institui a comercialização de gás natural destinado a cogeração com tarifas diferenciadas, isentando estes agentes cogeradores do pagamento mensal por disponibilidade (Portaria da Comissão de Serviços Públicos de Energia – CSPE nº. 412, de 26 de maio de 2006). [20]

Mesmo com a evolução na criação de Leis que incentivam a utilização da cogeração no país que vem acontecendo desde a década de 80, devido à existência de muitos obstáculos este setor ainda não possui uma grande procura e utilização, dentre estes obstáculos estão à instabilidade legal do setor elétrico [20], a redução nas tarifas de energia elétrica e aumento nas tarifas de gás natural, além dos problemas com a distribuição e a instabilidade da oferta de gás natural.

4.8 Cogeração Qualificada

A Resolução ANEEL nº. 021/200 estabelece os requisitos necessários para o processo de cogeração de energia, para que as centrais cogedoras de energia possam ter participação nas políticas de incentivo à cogeração. [21]

O Artigo 4 desta Resolução descreve os seguintes requisitos conforme está apresentado: [21]

I - estar regularizadas perante a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, atendendo ao disposto na Resolução ANEEL nº 112, de 18 de maio de 1999 e legislação específica.

II - atender aos requisitos mínimos de racionalidade energética, mediante o cumprimento das inequações, abaixo:

$$E_t = 0,15 E_c$$

$$E_e + E_t/X = F_c$$

$$E_c$$

Onde:

E_c = Energia disponibilizada pelo combustível ou combustíveis nos últimos doze meses, calculada em MWh, com base no poder calorífico inferior dos combustíveis utilizados;

E_e = Energia eletromecânica, resultante do somatório de trabalho e energia elétrica gerados nos últimos doze meses, em MWh;

E_t = Energia térmica utilizada, proveniente da central de cogeração, resultante do somatório do calor efetivamente consumido nos últimos doze meses, em MWh;

F_c = Fator de cogeração;

X = Fator de ponderação;

§ 1º - Os valores de X e F_c referidos na fórmula contida no inciso II serão aplicados em função da potência elétrica instalada na central de cogeração e do combustível principal, conforme tabela abaixo:

Combustível Principal

Potência Instalada Derivados de Petróleo,

Gás Natural e Carvão Demais Fontes

X F_c $X F_c$

Inferior ou igual a 5 MW 2,00 0,47 2,50 0,32

Superior a 5 MW e inferior ou igual a 20 MW 1,86 0,51 2,14 0,37

Superior a 20 MW 1,74 0,54 1,88 0,42

§ 2º - Para fins de determinação dos valores de X e F_c , contidos na tabela de que trata o parágrafo anterior, nos casos de queima alternada ou mesclada de diferentes combustíveis, entende-se por combustível principal oriundo de "Demais Fontes", quando a energia disponibilizada por derivados de petróleo, gás natural ou carvão mineral não exceder a vinte e cinco por cento da energia disponibilizada por todos os combustíveis consumidos, calculada com base no poder calorífico inferior desses combustíveis.

§ 3º - A qualificação de central de cogeração deverá ser solicitada à ANEEL, mediante requerimento, conforme modelo anexo, acompanhado de relatório contendo os seguintes requisitos:

- a) declaração e demonstrativo dos requisitos solicitados no inciso II do "caput" deste artigo;
- b) finalidade (s) a que se destina a energia térmica gerada;
- c) balanço energético da planta para as principais condições de operação da central, explicitando a potência elétrica total gerada, potência mecânica, potência térmica utilizada e a potência disponibilizada pelo combustível, apresentado em forma de diagrama que indique os respectivos fluxos de massa e energia.

Art. 5º - A não apresentação das informações e documentos referidos no art. 4º desta Resolução, acarretará a interrupção do prazo para análise do respectivo requerimento até o integral cumprimento de todas as exigências.

Art. 6º - Por um período transitório de 24 meses, contados a partir da data de publicação desta Resolução, os requisitos de racionalidade energética definidos no inciso II do art. 4º poderão limitar-se à exigência de que a energia térmica utilizada, acumulada para os últimos doze meses, seja igual ou superior a quinze por cento da energia disponibilizada pelo combustível ou combustíveis no mesmo período, e nesses casos a qualificação será necessariamente temporária, limitada à data de término deste período transitório.

Art. 7º - As instalações de cogeração que não possuem condições de fornecer as informações energéticas dos últimos doze meses, mencionados no art. 4º ou no art. 6º desta Resolução, poderão efetuar o requerimento de qualificação, baseando-se nos dados nominais de seus equipamentos e no planejamento anual de operação da central.

Parágrafo único. Estas centrais cogedoras poderão ser qualificadas em regime precário por um período máximo de até 18 meses, não renovável.

Art. 8º - Deverão ser informadas à ANEEL as alterações superiores a cinco por cento dos dados apresentados nos termos dos art. 4º ou 6º desta Resolução, para qualificação da central cogedora.

Parágrafo único. A área de fiscalização da ANEEL efetuará, a seu critério, inspeções nas centrais cogedoras, a fim de avaliar a conformidade das informações prestadas para a qualificação, sujeitando o agente ao cancelamento da qualificação da central, assim como as penalidades previstas na Resolução ANEEL nº 318, de 06 de outubro de 1998 e legislação específica.

Art. 9º - A ANEEL poderá solicitar outros dados e informações adicionais ou a complementação daqueles já apresentados, para melhor instrução e análise do requerimento de qualificação da central cogedora.

Art. 10º - Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

5 Considerações Finais

A Cogeração está presente em meio à sociedade desde o século XIX quando as máquinas térmicas começaram a ser utilizadas e observou-se um possível cenário de aproveitamento de energia que era desperdiçada. Dados históricos mostram que a busca por maiores eficiências providenciava constantemente os avanços tecnológicos em torno dos sistemas de geração de energia, estes avanços tecnológicos fizeram com que atualmente seja possível obter um potencial de aproveitamento de energia elétrica e energia térmica em torno de 85%. A projeção para esta eficiência é que ela supere 95% nos sistemas de cogeração tendo em vista que equipamentos cada vez mais modernos são implantados nestas aplicações.

Com isso a cogeração começa a tomar força e a participar cada vez mais de forma ativa na matriz energética de grandes potências mundiais, contribuindo não somente para o desenvolvimento dos setores industriais, mas também proporcionando conforto para a sociedade.

O uso deste recurso é justificado, pois proporciona uma economia de combustível quando comparamos com a produção de energia elétrica e de energia térmica, separados. Tendo esta possibilidade de economia de combustível que podemos destacar desde o uso de gás natural ou óleo diesel, ambos combustíveis de origem fóssil, até o uso de biomassa como bagaço de cana-de-açúcar, aliado aos constantes avanços técnicos no desenvolvimento de equipamentos mais eficientes e com um alto nível de tecnologia, os países em sua maioria localizados no hemisfério norte do planeta, são exemplos de bons resultados que se pode obter quando se possui leis que regulamentam o uso de sistemas de cogeração e quando o objetivo é diversificar as fontes de geração de energia e contribuir para a redução da quantidade de gases nocivos que são emitidos na atmosfera e que degradam o meio ambiente, aliado a isso também está à preocupação e os constantes incentivos em prol da redução da emissão de gases de efeito estufa que tornam a litosfera cada vez mais aquecida sendo este um fenômeno devastador para a biodiversidade e ecossistema em todo o planeta.

Quando passamos a analisar os dados e informações que são disponibilizados por órgãos governamentais e agências responsáveis por medir e estudar dados e índices de geração de energia os números são impressionantes em países europeus e nos Estados Unidos.

Nestes países se iniciaram os primeiros sistemas de cogeração utilizando ainda de máquinas a vapor, atualmente o que vemos são complexos centros de cogeração. Trata-se de usinas de cogeração que geram, de forma centralizada, eletricidade e água quente para a população e estes recursos são distribuídos através de longas redes que interligam a central de geração até distritos distantes da fonte geradora.

Estas centrais de geração são chamadas de DHC (*District Heat and Cooling*) e acumulam diversos benefícios não só pela contribuição em termos técnicos para indústrias e prédios que estão localizados dentro dos distritos atendidos pelo sistema, mas também proporcionando avanços na busca por uma geração de energia mais eficiente, viável economicamente falando e também em prol da sustentabilidade.

A utilização de sistemas DHC é comum na grande maioria dos países desenvolvidos e com baixas temperaturas durante o inverno, também em alguns países que hoje compõe o grupo de países emergentes com exceção do Brasil.

No Brasil, a partir da década de 50, o sistema elétrico passou por um grande processo de expansão devido ao crescimento do setor industrial, porém desde este período a forma básica para geração de eletricidade foi através de recursos hídricos, fazendo com que a utilização de termelétricas ficasse como segunda opção. O cenário que temos atualmente ainda é tímido para que ocorra uma inversão ou até mesmo uma utilização equivalente dessas formas de geração, muito em virtude dos preços cobrados por energia elétrica em nosso país.

Possuindo uma capacidade hídrica privilegiada e com incentivos do governo, sendo essa a geração de maior participação no setor elétrico brasileiro, apesar dos impactos ambientais e custos de implantação e distribuição às usinas hidroelétricas ainda proporcionam um valor de energia elétrica mais baixo para o cliente final em relação a este mesmo cliente gerar a sua própria energia.

Algo que se torna justificável apenas a partir do momento que este cliente adiciona a geração de energia elétrica a utilização de outras energias desperdiçadas.

Mesmo desta forma os custos de manutenção e operação de uma termelétrica ainda demandam diversos estudos de viabilidade um olhar mais dedicado do governo para que medidas sejam criadas na busca de um sistema elétrico mais diversificado.

Levando em consideração os dados aqui levantados nesta monografia podemos concluir em uma comparação da atual situação da cogeração no Brasil com o passado de pouca utilização deste recurso, é que temos um cenário promissor para o seu crescimento principalmente com o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro e com a produção de gás natural que poderá aumentar em grande escala se proveniente das recentes descobertas na bacia do pré sal.

Mesmo com políticas que contribuam incentivando a cogeração, atualmente muitos obstáculos são encontrados quando se busca viabilizar este tipo de projeto. Quando consideramos um aumento da produção de gás natural é importante que o sistema de distribuição deste combustível seja confiável e suficientemente competente para atender diversas regiões e contribuir para o uso da cogeração. Deste modo projetos de geração centralizada com distribuição de água quente e eletricidade para várias indústrias e residências como o que acontece em países desenvolvidos através do DHC possa também fazer parte da realidade brasileira e contribuir para uma matriz energética não tão focada em hidroelétricas e dependentes de extensos e onerosos sistemas de distribuição migrando para outras formas de se obter ótimos resultados com mais confiabilidade e menos impactos ambientais.

6 Referências Bibliográficas

Livros e Artigos

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Combined Heat And Power, Evaluating the benefits of greater global investment. 2008.

BRONZATTI, Fabricio Luiz, NETO, Alfredo Iarozinski. Matrizes Energéticas no Brasil: Cenário 2010-2030. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, Outubro de 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Avanços Tecnológicos no Setor Elétrico, Revista Pesquisa e Desenvolvimento da Aneel. Agosto de 2011.

COPENHAGEN ENERGY. District Heating in Copenhagen.

ROCHA, Telmo. REVISTA TÉCNICO-PROFISSIONAL O ELETRICISTA. 1ª Parte Cogeração, página 88.

FRANCO, Mario. PALESTRA INSTITUTO DE ENGENHARIA PROJETO ROCHAVERÁ. Agosto de 2009.

BRASIL, Newton Paterman. APOSTILA DE COGERAÇÃO. Curso de Engenharia de Equipamentos. Agosto de 2005

AZEVEDO, James Bolívar Luna de. BENEFICIOS RESULTANTES DA COGERAÇÃO. Ministério de Minas e Energia. Agosto de 2006.

LOSEKANN, Luciano. OPORTUNIDADE PARA UMA POLITICA DE COGERAÇÃO A GÁS NATURAL NO BRASIL. Grupo de Economia da Energia (GEE). UFPRJ.

BALESTIERI, José Antônio Perrella. Cogeração: Geração Combinada de Eletricidade e Calor. Editora UFSC. 1ª Edição. 279 páginas.

Páginas da Internet

[1] COGERAÇÃO A GÁS NATURAL

Disponível em:

<http://www.cogen.com.br/paper/2004/Cogeracao_Gas_Natural_052004.pdf> Acesso em Dezembro de 2012

[2] CADEIA PRODUTIVA DA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA

Disponível em: <<http://177.52.17.17:8030/downloads/sucroalcooleira.pdf>> Acessado em Dezembro de 2012

[3] DIMENSIONAMENTO DE TURBINA A GÁS

Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABiR0AA/dimensionar-turbina-a-gas>> Acessado em Novembro de 2012

[4] COGERAÇÃO DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Disponível em:

<http://www.gasnet.com.br/novo_cogeracao_descricao_sistema.asp?patrocinador=stemac> Acessado em Dezembro de 2012

[5] COGERAÇÃO | EVOLUÇÃO DA COGERAÇÃO NO MUNDO (2ª PARTE)

Disponível em:

<<http://www.voltimum.pt/cm.jsp?cat=6&subcat=7&action=view&viewmode=details&brand=&cmid=1331&universe=cm&pagenumber=1&rss=yes>> Acessado em Novembro de 2012

[6] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

Disponível em: <<http://www.iea.org/aboutus/history/>> Acessado em Outubro de 2012

[7] A COGERAÇÃO NA ATUALIDADE

Disponível em:

<<http://www.voltimum.pt/cm.jsp?cat=6&subcat=7&action=view&viewmode=details&brand=&cmid=1331&universe=cm&pagenumber=2&rss=yes>> Acesso em Outubro de 2012

[8] CHP REPORT – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

Disponível em: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/chp_report-1.pdf> Acesso em Outubro/2012

[9] DHC – *Danish Board os District Heating*

Disponível em: <http://dbdh.dk/images/uploads/pdf-diverse/District_heating_in_Copenhagen.pdf> Acesso em Novembro de 2012

[10] EUROHEAT & POWER

Disponível em: <<http://www.euroheat.org/Default.aspx?ID=4>> Acessado em Outubro de 2012

[11] MATRIZ ENERGETICA NACIONAL 2030

Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/spe/galerias/arquivos/Publicacoes/matriz_energetica_nacional_2030/MatrizEnergeticaNacional2030.pdf> Acessado em Dezembro de 2012

[12] ASPECTOS INSTITUCIONAIS

Disponível em: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/aspectos_institucionais/2_2_1.htm
Acessado em Dezembro de 2012

[13] MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA

Disponível em: <<http://www.wmnett.com.br>> Acesso em Setembro de 2012

[14] TURBINAS A GAS

Disponível em: <<http://termeletricas.blogspot.com.br/2011/01/turbina-gas.html>> Acesso em Setembro de 2012

[15] A ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL I: A Introdução a Eletricidade no País

Disponível em: <<http://blogln.ning.com/profiles/blogs/a-energia-eletrica-no-brasil-i>>
Acessado em Novembro de 2012

[16] A COGERAÇÃO E SUA INSERÇÃO AO SISTEMA ELÉTRICO

Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Dissertacao_Gabriel_de_Jesus.pdf>
Acessado em Janeiro de 2013

[17] TRIBUNAL REGIONAL FEDERAL – 1ª REGIÃO TRF1

Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/27307797/trf1-04-03-2011-pg-698>>
Acessado em: Dezembro de 2012

[18] DECRETO-LEI Nº 1.872, DE 21 DE MAIO DE 1981

Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/del19811872.pdf>> Acessado em Dezembro de 2012

[19] SANTOS, Fernando Butierres dos; NOVO, Luciana Morgani Alves. Fundamentos Teóricos Relacionados à Cogeração e o Exemplo da Central de Cogeração Infoglobo. 2008. 176 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Engenharia Elétrica, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001201.pdf>> Acesso em Dezembro de 2012

[20] BARJA, Gabriel de Jesus Azevedo. A Cogeração e sua inserção ao Sistema Elétrico. 2006. 157 páginas. Tese (Mestrado), Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Dissertacao_Gabriel_de_Jesus.pdf> Acesso em Dezembro de 2012

[21] RESOLUÇÃO ANEEL Nº 21 DE 24 DE JANEIRO DE 2000

Disponível em: <http://www.gasnet.com.br/novo_legislacao.asp?cod=30&tipo=ANEEL> Acessado em Janeiro de 2013

[22] ENERGIA ELÉTRICA: BARATA NA ORIGEM, CARA PARA O CONSUMIDOR FINAL. KNORR, OTTO WILLY.

Disponível em: <http://www.crea-rs.org.br/crea/pags/revista/44/CR44_area-tecnica-artigo5.pdf>

Acesso em Janeiro de 2013

Osaka Gas Co. – Companhia de Gás Japonesa

Disponível em: <http://nett21.gec.jp/ESB_DATA/EN/tech/html/esb-120.html> Acesso em Setembro de 2012

Artigo Energias Renováveis. Empresa Privada Turbomar - Portugal

Disponível em: <www.turbomar.pt> Acesso em Outubro de 2012.

Bloomington MN Government Site – Governo da cidade de Bloomington em Minnesota. Disponível em:

<<http://www.ci.bloomington.mn.us/cityhall/dept/commdev/planning/longrang/southloop/districtenergy.htm>> Acesso em: Outubro de 2012.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/CoGeracaoTipoFase.asp?tipo=2&fase=3>> Acesso em Novembro de 2012.

GASNET. Artigo de cogeração

Disponível em: < <http://www.gasnet.com.br> > Acesso em Novembro de 2012.

O SETOR ELÉTRICO. Oportunidades para expansão da geração distribuída e cogeração no Brasil.

Disponível em: < <http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/58-artigos-e-materias-relacionadas/332-oportunidades-para-expansao-da-geracao-distribuida-e-cogerao-no-brasil.html> > Acesso em Novembro de 2012.

EUR-LEX. Jornal Oficial da União Europeia.

Disponível em: < <http://eur-lex.europa.eu/JOIndex.do?ihmlang=pt> > Acesso em Novembro de 2012.

ENERGY.GOV. U.S. Department of Energy.

Disponível em: < <http://energy.gov/> > Acesso em Novembro de 2012.

WORLD OF COGENERATION. District Heating and CHP.

Disponível em:

<http://www.worldofcogeneration.com/cogeneration_industry_pr/index.1.html> Acesso em Novembro de 2012.

BIODIESEL BR. Cogeração de Energia – Processamento do Álcool.

Disponível em < <http://www.biodieselbr.com/energia/alcool/cogerao-energia-etanol.htm> > Acesso em Novembro de 2012.