

TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA

MÓDULO I



Sistema Elétrico
de Potência II



INEPROTEC



INEPROTEC

INSTITUTO DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE E TÉCNICO



(61) 3082- 0505 | CONTATO@INEPROTEC.COM.BR

WWW.INEPROTEC.COM.BR



Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja
Recanto das Emas - Brasília - DF
CEP: 72.600-102

CNPJ nº 08.838.975/0001-03





2020 - INEPROTEC

Diretor Pedagógico: Edilvo de Sousa Santos

Diagramação: Leandro de Barros Lima

Capa: Carlos Gadelha Júnior

Elaboração: INEPROTEC

Direitos Autorais: É proibida a reprodução parcial ou total desta publicação, por qualquer forma ou meio, sem a prévia autorização do INEPROTEC, com exceção do teor das questões de concursos públicos que, por serem atos oficiais, não são protegidas como Direitos Autorais, na forma do Artigo 8º, IV, da Lei 9.610/1998. Referida vedação se estende às características gráficas da obra e sua editoração. A punição para a violação dos Direitos Autorais é crime previsto no Artigo 184 do Código Penal e as sanções civis às violações dos Direitos Autorais estão previstas nos Artigos 101 a 110 da Lei 9.610/1998.

Atualizações: A presente obra pode apresentar atualizações futuras. Esforçamo-nos ao máximo para entregar ao leitor uma obra com a melhor qualidade possível e sem erros técnicos ou de conteúdo. No entanto, nem sempre isso ocorre, seja por motivo de alteração de software, interpretação ou falhas de diagramação e revisão. Sendo assim, disponibilizamos em nosso site a seção mencionada (Atualizações), na qual relataremos, com a devida correção, os erros encontrados na obra e sua versão disponível. Solicitamos, outrossim, que o leitor faça a gentileza de colaborar com a perfeição da obra, comunicando eventual erro encontrado por meio de mensagem para contato@ineprotec.com.br.

Versão 1.0 (05.2022)

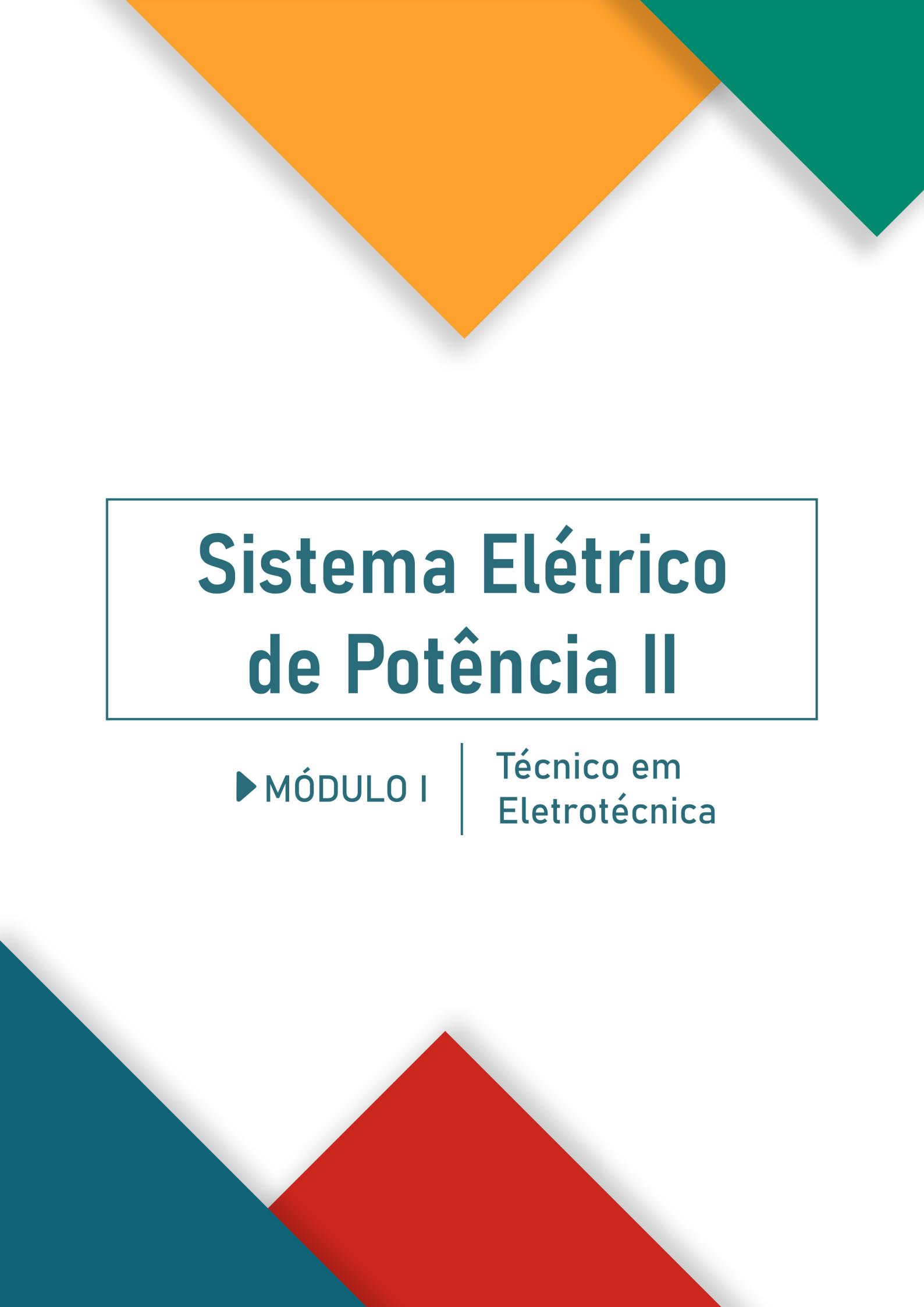
Todos os direitos reservados à
Ineprotec - Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico Eireli
Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja
Recanto das Emas CEP 72600-102 - Brasília - DF
E-mail: contato@ineprotec.com.br
www.ineprotec.com.br

Sumário

1 Conceituação Básica	07
2 Geração de Energia Elétrica	08
2.1 Energia Hídrica	11
2.2 Energia Térmica	15
2.3 Energia Nuclear	17
2.4 Energia Eólica	19
2.5 Energia Solar ou Fotovoltaica	22
2.6 Energia Maremotriz	32
2.7 Biomassa	33
2.8 Gás natural	36
2.9 Energia Geotérmica	40
2.10 Célula Combustível	42
3 Linhas de Transmissão	51
3.2 Materiais Utilizados	54
3.2.2 Isoladores e Ferramentas	58
3.2.3 Ferragens e Acessórios	62
3.3 Estruturas das linhas de transmissão	62
3.3.1 Disposição dos Condutores	63
3.3.2 Dimensões das estruturas	64
3.3.3 Classificação das estruturas das L.T's	64
3.3.3.1 Funções das estruturas nas linhas	65
3.3.3.2 Forma de resistir das estruturas	66
3.3.3.3 Materiais para Estrutura	67
3.4 Cabos Pára-Raios	68
4 Características de transmissão de energia em corrente alternada e corrente contínua	70
5 Condutância de Dispersão e Efeito Corona	73
5.1 Perdas nos Isoladores	73
5.2 Efeito Corona	74
5.2.1 Formação dos eflúvios de Corona	75
5.3 Previsão do desempenho das linhas quanto a formação de Corona	76
5.4 Gradiente de potencial na superfície dos condutores	77
5.5 Análise quantitativa das manifestações do efeito Corona ..	78
5.5.1 Radiointerferência	78

Sumário

5.5.2 Ruídos Acústicos	78
5.5.3 Perdas de energia por Corona	79
6. Linhas de Distribuição	79
6.1.2 Classificação das cargas	80
6.1.3 Curvas de carga (Diagrama de cargas)	81
6.1.4 Modelos de cargas elétricas	83
6.1.5 Composição de cargas	84
7. Redes de Distribuição	84



Sistema Elétrico de Potência II

► MÓDULO I

Técnico em
Eletrotécnica

1. Conceituação Básica

- a) Rede de Distribuição
- b) Rede de Sub-transmissão
- c) Rede de Transmissão
- d) Linhas de Interligação
- e) Geração ou Produção

1.1 Função do Sistema Elétrico de Potência

Integração dos Sistemas Regionais

- a) Possibilidades de intercâmbio de energia entre os diversos sistemas de acordo com as disponibilidades e necessidades diferenciadas. O excesso de energia disponível em um dos sistemas em certas ocasiões é absorvido por outro que se encontra temporariamente com escassez que a devolverá em seguida, quando inverte a situação de disponibilidade hídrica.
- b) Possibilidade de construção de centrais maiores e mais eficientes e economicamente mais viáveis em cada sistema isoladamente.
- c) Aumento de capacidade de reserva global das instalações de geração para casos de acidentes em alguma central dos sistemas componentes.
- d) Aumento da confiabilidade de abastecimento em situações anormais ou de emergência.
- e) Possibilidade de um despacho de carga única e mais eficiente com alto grau de automatização e otimização.
- f) Possibilidade de manutenção de um órgão de alta categoria, em conjunto de rateio de despesas, e conseqüentemente menor incidência sobre os custos de cada sistema.

A. Linhas de Transmissão

São linhas que operam com as tensões mais elevadas do sistema, tendo como função principal o transporte de energia entre os centros de produção e centros de consumo, como também a interligação de centros de produção e mesmo sistemas independentes. Em geral, são terminadas em subestações abaixadoras regionais onde a tensão é reduzida a nível para o início da distribuição a granel pelas linhas de sub-transmissão. Em um mesmo sistema pode haver, e em geral há, linhas de transmissão em dois ou mais níveis de tensão.

B. Linhas de Sub-Transmissão

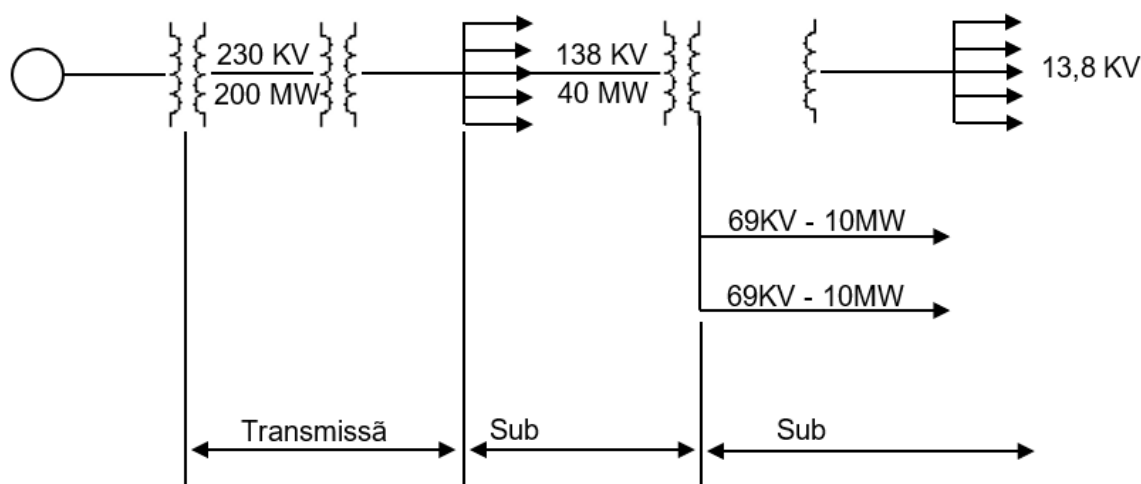
Normalmente operam em tensões inferiores àquelas dos sistemas de transmissão, não sendo no entanto incomum operarem com uma tensão também existente nestes. Sua função é a distribuição a granel da energia transportada pelas linhas de transmissão. Nasce nos barramentos das subestações abaixadoras locais. Das subestações regionais saem diversas linhas de sub-transmissão tomando rumos diversos. Em um sistema é possível também haver dois ou mais níveis de tensão de sub-transmissão, como ainda um sub-nível de sub-transmissão.

C. Linhas de Distribuição Primária

São linhas de tensão suficientemente baixas para ocuparem vias públicas e suficientemente elevadas para assegurarem boa regulação, mesmo para potências razoáveis. Às vezes desempenham o papel de linhas de sub-transmissão em pontas de sistemas.

D. Linhas de Distribuição Secundárias

Operam com as tensões mais baixas do sistema e em geral seu comprimento não excede 200 a 300 metros. Sua tensão é apropriada para uso direto em máquinas, aparelhos e lâmpadas. No Brasil estão em uso sistemas de 220/127 v (fase-fase e fase-neutro) e 380/220 v, deriváveis de sistemas trifásicos com neutro, e o sistema 220/110 v derivável de sistema monofásico.



2. Geração de Energia Elétrica

Fontes de Energia

De todas as diferentes formas de energia (as principais forças que a originam e as suas energias derivadas), a energia é geralmente classificada segundo as suas fontes. Utilizando a aceção mais comum – energia como capacidade de produzir trabalho – pode-se distinguir três grupos de fontes de energia, conforme tabela abaixo.

Fontes Geradoras de Energia

Convencionais	Não Convencionais ou Alternativas	Exóticas
Petróleo Gás Natural Carvão Hidroeletricidade Biomassa	Marés Ventos Ondas Xisto Geotérmica Fissão nuclear Solar (produção de calor e/ou eletricidade)	Energia solar (produzida no interior do Sol) Calor dos oceanos Fusão nuclear

Características das Principais Fontes Geradoras de Energia

Fonte	Obtenção	Usos	Vantagens	Desvantagens
Petróleo	Matéria resultante de transformações químicas de fósseis animais e vegetais. Extraído em reservas marítimas ou continentais.	Produção de energia elétrica. Matéria-prima da gasolina e do diesel e de outros produtos como plástico, borracha sintética, ceras, tintas, gás e asfalto.	Domínio da tecnologia para exploração e refino. Facilidade de transporte e distribuição.	É um recurso esgotável. Libera dióxido de carbono na atmosfera, poluindo o ambiente e colaborando para o aumento da temperatura.
Gás Natural	Ocorre na natureza associado ou não ao petróleo. A pressão nas reservas impulsiona o gás para a superfície, onde é coletado em tubulações.	Aquecimento; combustível para geração de eletricidade, veículos, caldeiras e fornos; matéria-prima de derivados do petróleo.	Pode ser utilizado nas formas gasosa e líquida; existe um grande número de reservas.	É um recurso esgotável.. A construção de gasodutos e metaneiros (navios especiais) para o transporte e distribuição requer altos investimentos. Influencia na formação de chuva ácida e na alteração climática.
Nuclear	Reatores nucleares produzem energia térmica por fissão (quebra) de átomos de urânio. A energia produzida aciona um gerador elétrico.	Produção de energia elétrica. Fabricação de bombas atômicas.	As usinas podem ser instaladas em locais próximos aos centros de consumo. Não emite poluentes que influem sobre o efeito estufa.	Não há tecnologia para tratar o lixo nuclear. A construção dessas usinas é cara e demorada. Há riscos de contaminação nuclear.
Hidroeletricidade	A energia liberada pela queda de grande quantidade de água represada move uma turbina que aciona um gerador elétrico.	Produção de energia elétrica.	Não emite poluentes. A produção é controlada. Não influencia no efeito estufa.	Inundação de grandes áreas, deslocamento de populações. A construção dessas usinas também é cara e demorada.
Carvão mineral	Materia que resulta das transformações químicas de grandes florestas soterradas. Extraído em minas subterrâneas ou a céu descoberto em bacias sedimentares.	Produção de energia elétrica. Aquecimento. Matéria-prima de fertilizantes.	Domínio da tecnologia de aproveitamento. Facilidade de transporte e distribuição.	Influencia na formação da chuva ácida devido à liberação de poluentes como dióxido de carbono (CO ₂) e enxofre (SO ₂) e óxidos de nitrogênio durante a combustão.
Eólica	O movimento dos ventos é captado por hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico.	Produção de energia elétrica. Movimentação de moinhos.	Grande potencial para geração de energia elétrica. Não influi no efeito estufa. Não ocupa áreas de produção agrícola.	Exige investimentos para transmissão da energia gerada. Produz poluição sonora. Interfere nas transmissões de rádio e TV.
Solar	Lâminas ou painéis recobertos com material semicondutor capturam a luminosidade recebida do Sol para gerar corrente elétrica.	Produção de energia elétrica.. Aquecimento.	Não é poluente. Não influi no efeito estufa. Não precisa de turbinas ou geradores para a produção de energia elétrica.	Exige investimentos iniciais de relativa monta para o seu aproveitamento.
Biomassa	A matéria orgânica é decomposta em caldeiras ou em biodigestores. O processo gera gás e vapor que aciona uma turbina e move um gerador elétrico.	Aquecimento. Produção de energia elétrica.. Produção de biogás ou gás natural (metano).	É fonte renovável. Sua ação sobre o efeito estufa pode ser equilibrada: o gás carbônico liberado durante a queima é absorvido no ciclo de produção.	Exige investimentos iniciais para o seu aproveitamento.

Base de dados: Almanaque Abril - CD Rom, 1999

Uso das Fontes de Energia

Fonte Energética	% do uso mundial	% do uso no Brasil (2000)	Problemas associados
Fóssil			Poluição do solo e da água, pela mineração e processamento; poluição atmosférica pela emissão de gases e partículas na combustão.
Carvão	27,0	4,9	
Petróleo	39,8	33,3	
Gás natural	23,2	2,7	Principais responsáveis pelo efeito estufa.
Nuclear	7,3	0,6	Alto risco de acidentes e sérios problemas com rejeitos.
Hidráulica	2,7	38,6	Grande impacto ambiental em função das alterações na paisagem e das grandes áreas alagadas.
Biomassa			Desmatamento e monoculturas.
Lenha	-	8,5	
Alcool	-	10,0	Tem a vantagem de anular o efeito estufa, já que o replantio da cultura utilizada significa crescimento da área verde.
Limpas permanentes			Ainda enfrenta desafios tecnológicos para o uso em grande escala.
Solar	-	-	
Eólica	-	-	
Geotérmica	-	1,4	
maremotriz	-	-	A oferta depende de condições geográficas e a disponibilidade é variável.

Obs.: Não inclui outras fontes renováveis, além da hidráulica
 Balanço Energético Nacional - Ano 2.000



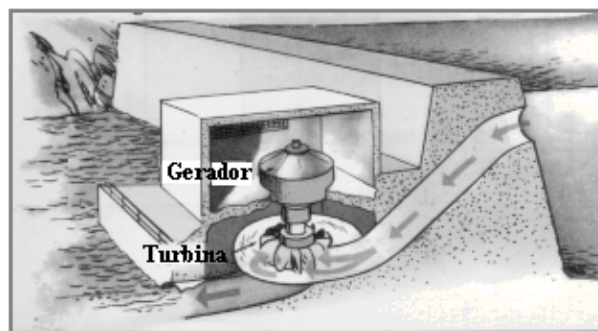
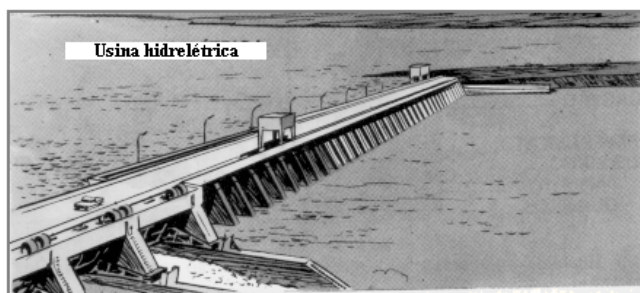
2.1 Energia Hídrica

Energia Hidrelétrica

É a energia proveniente do movimento das águas. Ela é produzida por meio do aproveitamento do potencial hidráulico existente num rio, utilizando desníveis naturais, como quedas de água, ou artificiais, produzidos pelo desvio do curso original do rio.

Origem

Normalmente constroem-se diques que represam o curso da água, acumulando-a num reservatório a que se chama barragem. Esse tipo de usina hidráulica é denominado Usina com Reservatório de Acumulação. Em outros casos, existem diques que não param o curso natural da água, mas a obrigam a passar pela turbina de forma a produzir eletricidade, denominando-se Usinas a Fio de Água.

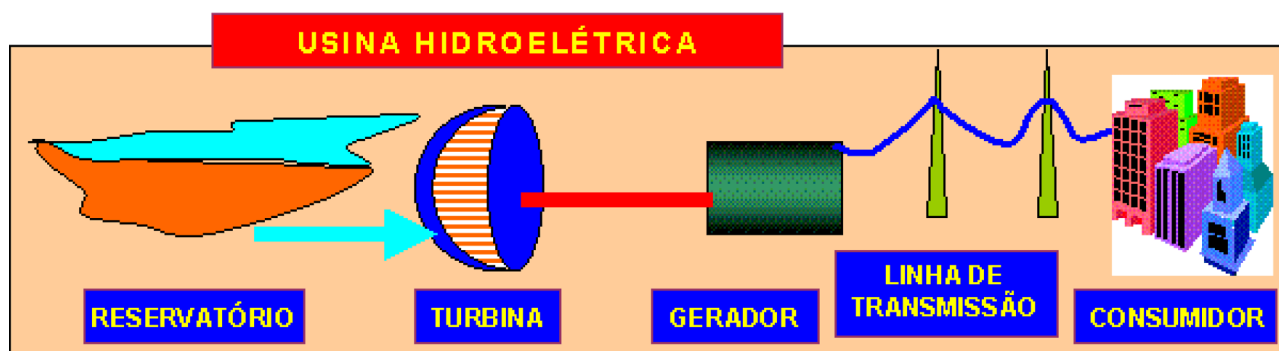


Quando se abrem as comportas da barragem, a água presa passa pelas lâminas da turbina fazendo-a girar. A partir do movimento de rotação da turbina o processo repete-se, ou seja, o gerador ligado à turbina transforma a energia mecânica em eletricidade.

A energia elétrica gerada é levada através de cabos ou barras condutoras dos terminais do gerador até o transformador elevador, onde tem sua tensão (voltagem) elevada para adequada condução, através de linhas de transmissão, até os centros de consumo. Desta forma, através de transformadores abaixadores, a energia tem sua tensão levada a níveis adequados para o consumo.

Produção de Energia Hidrelétrica

- A água fica armazenada em um reservatório para ser usada nos períodos de estiagem. Quando o reservatório já está cheio, o excesso de água é jogada fora através do vertedouro (perdendo assim acumulo de potência);
- A Turbina é movida por um Jato de água. Depois do uso, a água continua o seu percurso rio abaixo;
- O gerador possui um eixo que é movido por uma turbina;
- A Energia Elétrica é produzida por um gerador, na casa de força.



Vantagens e Desvantagens da Energia Hídrica

Vantagens:

- Não emite poluentes;
- A produção é controlada;
- Não influencia no efeito estufa.

Desvantagens:

- Inundação de grandes áreas, deslocamento de populações;
- A construção dessas usinas também é cara e demorada.

Água e Meio Ambiente

As características físicas e geográficas do Brasil foram determinadas para implantação de um parque gerador de energia elétrica de base predominantemente hídrica.

O Brasil é um país privilegiado em recursos hídricos, e altamente dependente da energia hídrica, cerca de 95% da energia elétrica brasileira provém de rios.

O Brasil detém 15% das reservas mundiais de água doce disponível, porém só utiliza um quarto de seu potencial. E para alcançar a totalidade do potencial hídrico, seria necessário explorar o potencial da Amazônia.

A energia de origem hídrica é hoje a segunda maior fonte de eletricidade no mundo.

Construção de Reservatórios e seus Impactos

As principais bacias hidrográficas do Brasil foram reguladas pela construção de reservatório, os quais isoladamente ou em cascata, constituem um importante impacto qualitativo e quantitativo nos principais ecossistemas de águas interiores. Os reservatórios de grande porte ou pequeno porte são utilizados para inúmeras finalidades: hidroeletricidade, reserva de água para irrigação, reserva de água potável, produção de biomassa (cultivo de peixes e pesca intensiva), transporte (hidrovias) recreação e turismo.

Inicialmente, a construção de hidrelétricas e a reserva de água para diversos fins foi o principal propósito. Nos últimos vinte anos, os usos múltiplos desses sistemas diversificaram-se, ampliando a importância econômica e social desses ecossistemas artificiais e, ao mesmo tempo, produzindo e introduzindo novas complexidades no seu funcionamento e impactos.

Esta grande cadeia de reservatórios tem, portanto, um enorme significado econômico, ecológico, hidrológico e social; em muitas regiões do País esses ecossistemas foram utilizados como base para o desenvolvimento regional. Em alguns projetos houve planejamento inicial e uma preocupação com a inserção regional; em outros casos, este planejamento foi pouco desenvolvido. Entretanto, devido à pressões por usos múltiplos, estudos intensivos foram realizados com a finalidade de ampliar as informações existentes e promover uma base de dados adequada que sirva como plataforma para futuros desenvolvimentos.

Os impactos da construção de represas são relativamente bem documentados para muitas bacias hidrográficas. Estes impactos estão relacionados ao tamanho, volume, tempo de retenção do reservatório, localização geográfica e localização no continuum do rio. Os principais impactos detectados são:

- inundação de áreas agricultáveis;
- perda de vegetação e da fauna terrestres;
- interferência na migração dos peixes;
- mudanças hidrológicas a jusante da represa;
- alterações na fauna do rio;
- interferências no transporte de sedimentos;
- aumento da distribuição geográfica de doenças de veiculação hídrica;
- perdas de heranças históricas e culturais, alterações em atividades econômicas e usos tradicionais da terra;
- problemas de saúde pública, devido à deterioração ambiental;
- problemas geofísicos devido a acumulação de água foram detectados em alguns reservatórios;
- perda da biodiversidade, terrestre e aquática;
- efeitos sociais por relocação;

Todas estas alterações podem resultar de efeitos diretos ou indiretos. Reservatórios em cascata como os construídos nos rios Tietê, Grande, Paranapanema e São Francisco, produzem efeitos e impactos cumulativos, transformando inteiramente as condições biogeofísicas, econômicas e sociais de todo o rio.

Nem todos os efeitos da construção de reservatórios são negativos. Deve-se considerar também muitos efeitos positivos como:

- produção de energia: hidroeletricidade;
- retenção de água regionalmente;
- aumento do potencial de água potável e de recursos hídricos reservados;
- criação de possibilidades de recreação e turismo;
- aumento do potencial de irrigação;
- aumento e melhoria da navegação e transporte;
- aumento da produção de peixes e na possibilidade de aquicultura;
- regulação do fluxo e inundações;
- aumento das possibilidades de trabalho para a população local.

(Fonte: Águas Doces no Brasil - Capital Ecológico, Uso e Conservação. 2.º Edição Revisada e Ampliada. Escrituras. São Paulo - 2002. Organização e Coordenação Científica: Aldo da C. Rebouças; Benedito Braga. Capítulo 05 - Ecossistemas de Águas Interiores. José Galizia Tundisi, Takako Matsumura Tundisi e Odete Rocha. Páginas 171 - 176).

Inventário do Potencial Hidrelétrico

A natureza dotou cada região do planeta com um número diferente de opções energéticas. Além disso, criou o desafio para descobri-las, avaliar o volume, desenvolver técnicas para seu uso e empregar todo o seu potencial de utilização econômica.

O conhecimento dos recursos e reservas energéticas é fundamental para se planejar o desenvolvimento nacional.

A cada ano, novas jazidas e novas tecnologias de aproveitamento de reservas energéticas são descobertas. Estas fazem com que o volume total calculado dos recursos e reservas energéticas nacionais seja acrescido.

As fontes primárias foram classificadas, no território brasileiro, em convencionais (térmicas e hidrelétricas) e não-convencionais. No horizonte dos próximos 20 anos, a termoelectricidade poderá ter uma participação de 10 a 15% nas fontes de energia elétrica, considerando que 35% do potencial hidrelétrico brasileiro situa-se na amazônia, longe dos maiores centros consumidores: Sul e Sudeste.

Não poderíamos falar em potencial hídrico brasileiro sem considerar a hidrografia. Os fatores que favorecem ou dificultam os aproveitamentos hidrelétricos, que têm especial interesse nas análises, são a diferença de nível ou altura de queda e vazão ou descarga (volume de água médio anual por unidade de tempo: m^3/s).

(* MÜLLER, A. C.. Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento. São Paulo: Makron Books, 1995)

Hidrografia Brasileira

De acordo com o perfil longitudinal, pode-se encontrar rios brasileiros com características predominantes de planície e de planalto. Como representantes exemplares dos rios de planície temos o Amazonas, o Paraguai e na baixada maranhense, o Parnaíba. Todos esses rios são navegáveis em longas extensões, ainda que este recurso não esteja sendo plenamente explorado.

Outros grandes rios são conhecidos pela declividade dos terrenos que drenam e enquadram-se entre os rios de planalto. Esses rios têm um perfil importante na avaliação do potencial hidrelétrico. Destacam-se, nesses, o rio Paraná e seus principais afluentes, Parnaíba, Grande, Tietê, Paranapanema e Iguaçu, com desnível das cabeceiras até o pé da barragem de Itaipu; o Tocantins e seu afluente Araguaia, que desce das cabeceiras à foz; o rio Uruguai e seus afluentes de curso perene, com desnível até Paulo Afonso.

O rio Amazonas tem a mais vasta bacia hidrográfica do planeta, com cerca de 6.315.000 km², a maior parte do território brasileiro (3.984.000 km², da ordem de 63,1%).

O Amazonas e todos os seus afluentes têm uma vazão média anual calculada em 250 mil m^3/s , para um potencial hidrelétrico da ordem de 54.117.217 kW/ano. Comparativamente, o rio Paraná, cuja vazão em Itaipu, é 1,8 vez menor em potencial do Amazonas.

A maior parte da capacidade hidrelétrica brasileira foi inventariada, somando-se a energia hidrelétrica que já vem sendo gerada à que se espera obter nos empreendimentos em construção e à que poderiam gerar os aproveitamentos estudados no projeto básico. Cálculos precisos permitem referenciar o montante estimado dos demais recursos hídricos ainda não prospeccionados com maior rigor. (*)

Usinas e Reservatórios Brasileiros

Não somente razões técnicas que definem o porte das barragens. A decisão por uma grande, média ou pequena barragem depende do volume do corpo d'água, suas características topo-altimétricas e de uma gama de considerações, com as necessidades do mercado e oportunidades econômicas, aspectos políticos, avaliações de ordem social e das fragilidades ambientais das localidades+ ao máximo aproveitamento do potencial de um curso d'água. Algumas vezes são usos conciliados que estabelecem a cota máxima da elevação das águas: as barragens destinadas à navegação e de apoio a esta, ou cujo fim é a regularização da vazão e controle de cheias, ou irrigação, aquíicultura e muitos outros casos.

Na maioria da vezes, os custos são os fatores restritivos. Esses custos são tanto os da obra, diretos, como os indiretos e associados, relativos aos aspectos socioambientais, de implantação de usos múltiplos e promoção do desenvolvimento regional, por exemplo.

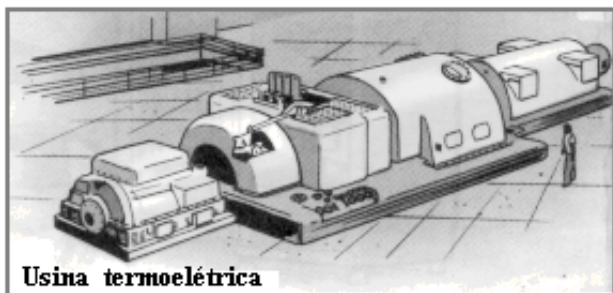
As diferenças socioambientais entre as pequenas e grandes barragens, no fundo, serão na escala e na intensidade de impactos causados sobre o ecossistema primitivo. Quanto maior o vulto da obra hidráulica construída, tanto maior a modificação das condições naturais anteriores. Essas modificações têm sua maior expressão durante a formação do reservatório, mas não se restringem a esse período em somente à área física alagada. (*)

2.2 Energia Térmica

Usina Termelétrica

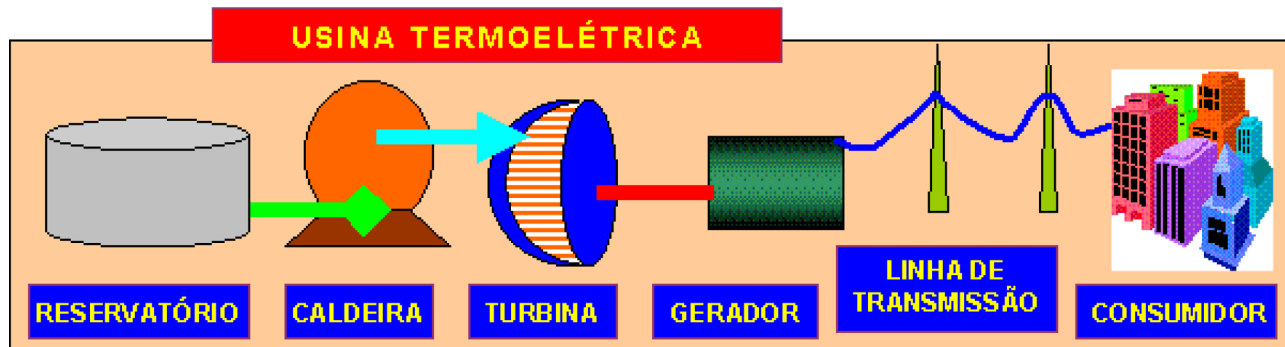
Instalação que produz energia elétrica a partir da queima de carvão, óleo combustível ou gás natural em uma caldeira projetada para esta finalidade específica.

Funcionamento de uma Usina Termelétrica



O funcionamento das centrais termelétricas é semelhante, independentemente do combustível utilizado. O combustível é armazenado em parques ou depósitos adjacentes, de onde é enviado para a usina, onde será queimado na caldeira. Esta gera vapor a partir da água que circula por uma extensa rede de tubos que revestem suas paredes. A função do vapor é movimentar as pás de uma turbina, cujo rotor gira juntamente com o eixo de um gerador que produz a energia elétrica.

Essa energia é transportada por linhas de alta tensão aos centros de consumo. O vapor é resfriado em um condensador e convertido outra vez em água, que volta aos tubos da caldeira, dando início a um novo ciclo.



A água em circulação que esfria o condensador expulsa o calor extraído da atmosfera pelas torres de refrigeração, grandes estruturas que identificam essas centrais. Parte do calor extraído passa para um rio próximo ou para o mar.

Para minimizar os efeitos contaminantes da combustão sobre as redondezas, a central dispõe de uma chaminé de grande altura (algumas chegam a 300 m) e de alguns precipitadores que retêm as cinzas e outros resíduos voláteis da combustão. As cinzas são recuperadas para aproveitamento em processos de metalurgia e no campo da construção, onde são misturadas com o cimento.

Como o calor produzido é intenso, devido as altas correntes geradas, é importante o resfriamento dos geradores. O hidrogênio é melhor veículo de resfriamento que o ar; como tem apenas um quatorze avos da densidade deste, requer menos energia para circular. Recentemente, foi adotado o método de resfriamento líquido, por meio de óleo ou água. Os líquidos nesse processamento são muito superiores aos gases, e a água é 50 vezes melhor que o ar.

A potência mecânica obtida pela passagem do vapor através da turbina - fazendo com que esta gire - e no gerador - que também gira acoplado mecanicamente à turbina - é que transforma a potência mecânica em potência elétrica.

A energia assim gerada é levada através de cabos ou barras condutoras, dos terminais do gerador até o transformador elevador, onde tem sua tensão elevada para adequada condução, através de linhas de transmissão, até os centros de consumo.

Daí, através de transformadores abaixadores, a energia tem sua tensão levada a níveis adequados para utilização pelos consumidores.

A descrição anterior refere-se às centrais clássicas, uma vez que existe, ainda que em fase de pesquisa, outra geração de termelétricas que melhorem o rendimento na combustão do carvão e diminuam o impacto sobre o meio ambiente: são as centrais de combustão de leito fluidificado. Nessas centrais, queima-se carvão sobre um leito de partículas inertes (por exemplo, de pedra calcária), através do qual se faz circular uma corrente de ar que melhora a combustão.

Uma central nuclear também pode ser considerada uma central termelétrica, onde o combustível é um material radioativo que, em sua fissão, gera a energia necessária para seu funcionamento.

Vantagens e Desvantagens

Vantagens:

- Podem ser construídas onde são mais necessárias, economizando assim o custo das linhas de transmissão;
- Produz energia elétrica a partir da queima de carvão, óleo combustível ou gás natural.

Desvantagens:

- Alto preço do combustível;
- Impactos ambientais, como poluição do ar, aquecimento das águas, o impacto da construção de estradas para levar o combustível até a usina,...

2.3 Energia Nuclear

É a quebra, a divisão do átomo, tendo por matéria prima minerais altamente radioativos, como o urânio (descoberto em 1938).

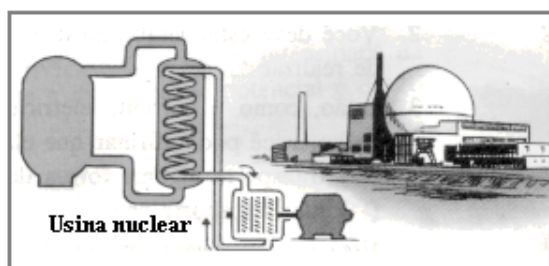
A energia nuclear provém da fissão nuclear do urânio, do plutônio ou do tório ou da fusão nuclear do hidrogênio. É energia liberada dos núcleos atômicos, quando os mesmos são levados por processos artificiais, a condições instáveis.

A fissão ou fusão nuclear são fontes primárias que levam diretamente à energia térmica, à energia mecânica e à energia das radiações, constituindo-se na única fonte primária de energia que tem essa diversidade na Terra.

Como forma térmica de energia primária, foram estudadas as aplicações da energia nuclear para a propulsão naval militar e comercial, a nucleoeletricidade, a produção de vapor industrial, o aquecimento ambiental e a dessalinização da água do mar.

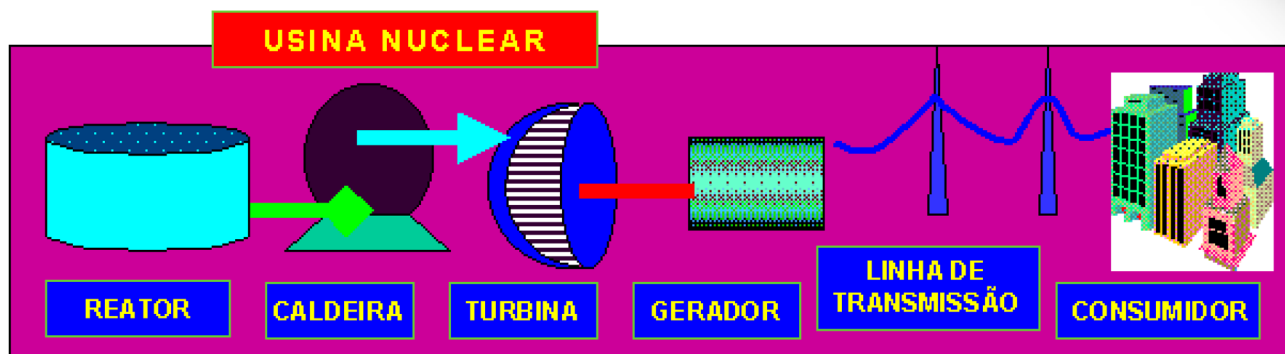
Apesar de polêmica, a geração da energia nucleoeletrica é responsável pelo atendimento de 18% das necessidades mundiais de eletricidade. São as aplicações da ciência e tecnologia nucleares que resultam em benefícios mais significativos, de amplo alcance e de maior impacto econômico e social.

Energia nuclear se refere a energia consumida ou produzida com a modificação da composição de núcleos atômicos. Além de ser a força que arma a Bomba Atômica, a Bomba de Hidrogênio e outras armas nucleares, a energia nuclear também tem utilidade na geração de eletricidade em usinas de vários países do mundo. É vista por muitos como fonte de energia barata e limpa; mas por causa do perigo da radiação emitida na produção desta energia e da radioatividade dos materiais utilizados, outros sentem que ela pode não ser uma energia alternativa viável para o uso de combustível fóssil ou energia solar. Este tipo de energia também é utilizado na medicina, na produção de marca-passos para doentes cardíacos.



Como é o Funcionamento de uma Usina Nuclear

1. Os átomos são quebrados numa máquina chamada reator, emitindo uma grande quantidade de calor;
2. A caldeira é aquecida com a fissão nuclear;
3. O vapor é produzido pela caldeira;
4. A turbina é movida por um Jato de Vapor sob forte pressão. Depois do uso, o vapor é jogado fora na atmosfera;
5. O gerador possui um eixo que é movido pela Turbina;
6. A Energia Elétrica é produzida pelo Gerador.



Energia Nuclear e Meio Ambiente

Durante a Segunda Guerra Mundial a energia nuclear demonstrou sua potencialidade de causar danos, como ocorreu nas cidades de Hiroshima e Nagasaki.

A energia nuclear traz benefícios para a sociedade, como a utilização das radiações em múltiplas aplicações na medicina, indústria, agropecuária e meio ambiente. Cada um desses usos insere esta energia em um determinado campo de acontecimentos.

Assim é que o uso medicinal a insere no ambiente hospitalar e o uso na produção de energia elétrica, no âmbito das relações de moradia e de iluminação pública, por exemplo. Em cada um desses ambientes há uma potencialidade de danos e risco com algumas peculiaridades.

Os problemas ambientais estão relacionados com os acidentes que ocorrem nas usinas e com o destino do chamado lixo atômico - os resíduos que ficam no reator, local onde ocorre a queima do urânio para a fissão do átomo. Por conter elevada quantidade de radiação, o lixo atômico tem que ser armazenado em recipientes metálicos protegidos por caixas de concreto, que posteriormente são lançados ao mar.

Os acidentes são devidos à liberação de material radioativo de dentro do reator, ocasionando a contaminação do meio ambiente, provocando doenças como o câncer e também morte de seres humanos, de animais e de vegetais. Isso não só nas áreas próximas à usina, mas também em áreas distantes, pois ventos e nuvens radioativas carregam parte da radiação para áreas bem longínquas, situadas a centenas de quilômetros de distância.

Usinas Nucleares do Brasil

Angra I

Para atender as possíveis necessidades futuras, em 1972 foi iniciada a construção de Angra I, mas só em 1985 a usina entrou em operação comercial. Em 1999 alcançou um fator de disponibilidade de 96% e uma geração bruta de 3.976.943 Mwh.

Angra I tem 657 MW de potência. Funciona com reator de água pressurizada, moderado e refrigerado a água com prédio de contenção.

Foi construída na praia de Itaorna em Angra dos Reis - Rio de Janeiro, e mesmo obedecendo aos mais exigentes padrões internacionais de segurança, ainda há muita polêmica.

Além de programas de segurança, testes periódicos de rotina garantem a proteção contra acidentes com liberação de radioatividade para o meio ambiente.

Angra II

Em junho de 2000, Angra II teve seu reator entrou em fissão, com potência de 1.309 Mw.

O IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais, é responsável pelo licenciamento ambiental de empreendimentos industriais de grande porte. Para conceder a Licença de Operação de Angra II, foi exigido que fossem preparados o EIA e o RIMA.

O Estudo de Impacto Ambiental compreende na descrição do projeto e suas alternativas, nas etapas de planejamento, construção, operação, desativação (se for o caso), delimitação e o diagnóstico ambiental da área de influência, a identificação, medição e a valoração dos impactos, a comparação das alternativas e a previsão da situação futura, a elaboração do Relatório de Impacto Ambiental - RIMA.

Angra III

A ELETROBRÁS e o MME (Ministério de Minas e Energia) decidiram que a usina Angra III irá entrar em funcionamento em 2006, com potência de 1.309 Mw. A usina de Angra III atenderá as regiões sul/sudeste e centro-oeste.

Segundo os especialistas do setor energético a paralização da construção da Usina Nuclear de Angra 3 é devido à crise energética. A ELETRONUCLEAR está efetuando estudos técnicos e de viabilidade econômica de Angra 3.

Vantagens e Desvantagens

Vantagens:

- As usinas podem ser instaladas em locais próximos aos centros de consumo;
- Não emite poluentes que influem sobre o efeito estufa.

Desvantagens:

- Não há tecnologia para tratar o lixo nuclear;
- A construção dessas usinas é cara e demorada;
- Há riscos de contaminação nuclear.

2.4 Energia Eólica

A energia eólica é a energia obtida pelo movimento do ar (vento). É uma abundante fonte de energia renovável, limpa e disponível em todos os lugares.

Os moinhos de vento foram inventados na Pérsia no séc. V. Eles foram usados para bombear água para irrigação. Os mecanismos básicos de um moinho de vento não mudaram desde então: o vento atinge uma hélice que ao movimentar-se gira um eixo que impulsiona uma bomba (gerador de eletricidade).

Origem dos ventos

Os ventos são gerados pela diferença de temperatura da terra e das águas, das planícies e das montanhas, das regiões equatoriais e dos pólos do planeta Terra.

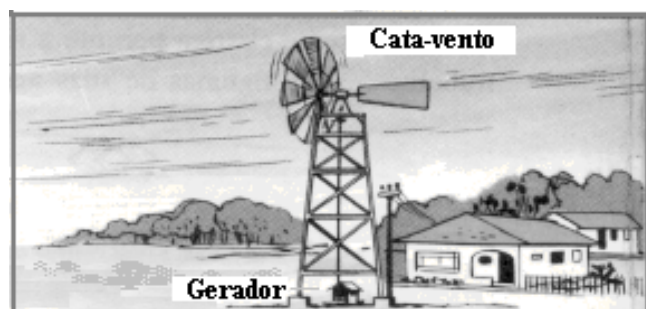
A quantidade de energia disponível no vento varia de acordo com as estações do ano e as horas do dia. A topografia e a rugosidade do solo também tem grande influência na distribuição de frequência de ocorrência dos ventos e de sua velocidade em um local.

Além disso, a quantidade de energia eólica extraível numa região depende das características de desempenho, altura de operação e espaçamento horizontal dos sistemas de conversão de energia eólica instalados.

A avaliação precisa do potencial de vento em uma região é o primeiro e fundamental passo para o aproveitamento do recurso eólico como fonte de energia.

Para a avaliação do potencial eólico de uma região é necessário a coleta de dados de vento com precisão e qualidade, capaz de fornecer um mapeamento eólico da região.

As hélices de uma turbina de vento são diferentes das lâminas dos antigos moinhos porque são mais aerodinâmicas e eficientes. As hélices tem o formato de asas de aviões e usam a mesma aerodinâmica. As hélices em movimento ativam um eixo que está ligado à caixa de mudança. Através de uma série de engrenagens a velocidade do eixo de rotação aumenta. O eixo de rotação está conectado ao gerador de eletricidade que com a rotação em alta velocidade gera energia.



Um aerogerador consiste num gerador elétrico movido por uma hélice, que por sua vez é movida pela força do vento. A hélice pode ser vista como um motor a vento, cuja a quantidade de eletricidade que pode ser gerada pelo vento depende de quatro fatores:

- Quantidade de vento que passa pela hélice;
- Dimensão da hélice;
- Dimensão do gerador;
- Rendimento de todo o sistema.

Ventos e Meio Ambiente

A energia eólica é considerada a energia mais limpa do planeta, disponível em diversos lugares e em diferentes intensidades, uma boa alternativa às energias não-renováveis.

Impactos e Problemas

Apesar de não queimarem combustíveis fósseis e não emitirem poluentes, fazendas eólicas não são totalmente desprovidas de impactos ambientais. Elas alteram paisagens com suas torres e hélices e podem ameaçar pássaros se forem instaladas em rotas de migração.

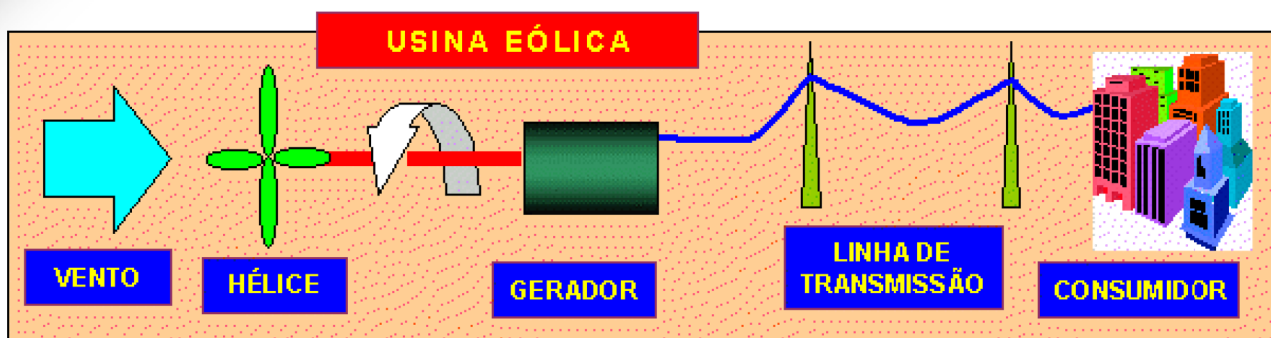
Emitem um certo nível de ruído (de baixa frequência), que pode causar algum incômodo. Além disso, podem causar interferência na transmissão de televisão.

O custo dos geradores eólicos é elevado, porém o vento é uma fonte inesgotável de energia. E as plantas eólicas têm um retorno financeiro a um curto prazo.

Outro problema que pode ser citado é que em regiões onde o vento não é constante, ou a intensidade é muito fraca, obtêm-se pouca energia e quando ocorrem chuvas muito fortes, há desperdício de energia.

Como é o Funcionamento de uma Usina Eólica

1. A hélice é movida pelo vento;
2. O Gerador possui um eixo que é movido por uma enorme hélice;
3. A Energia Elétrica é produzida por um Gerador, na Casa de Força.



Perspectivas futuras

Na crise energética atual, as perspectivas da utilização da energia eólica são cada vez maiores no panorama energético geral, pois apresentam um custo reduzido em relação a outras opções de energia.

Embora o mercado de usinas eólicas esteja em crescimento no Brasil, ele já movimentava 2 bilhões de dólares no mundo. Existem 30 mil turbinas eólicas de grande porte em operação no mundo, com capacidade instalada da ordem de 13.500 MW.

A energia eólica pode garantir 10% das necessidades mundiais de eletricidade até 2020, pode criar 1,7 milhão de novos empregos e reduzir a emissão global de dióxido de carbono na atmosfera em mais de 10 bilhões de toneladas.

Os campeões de uso dos ventos são a Alemanha, a Dinamarca e os Estados Unidos, seguidos pela Índia e a Espanha.

No âmbito nacional, o estado do Ceará destaca-se por ter sido um dos primeiros locais a realizar um programa de levantamento do potencial eólico, que já é consumido por cerca de 160 mil pessoas. Outras medições foram feitas também no Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais, litoral do Rio de Janeiro e de Pernambuco e na ilha de Marajó. A capacidade instalada no Brasil é de 20,3 MW, com turbinas eólicas de médio e grande portes conectadas à rede elétrica.

Vários estados brasileiros seguiram os passos do Ceará, iniciando programas de levantamento de dados de vento. Hoje existem mais de cem anemógrafos computadorizados espalhados pelo território nacional. Um mapa preliminar de ventos do Brasil, gerado a partir de simulações computacionais com modelos atmosféricos é mostrado na figura abaixo.

Considerando o grande potencial eólico do Brasil, confirmado através de estudos recentes, é possível produzir eletricidade a custos competitivos com centrais termoeletricas, nucleares e hidroelétricas, com custo reduzido.

Vantagens e Desvantagens

Vantagens:

- Grande potencial para geração de energia elétrica;
- Não influi no efeito estufa;
- Não ocupa áreas de produção agrícola;
- É considerada a energia mais limpa do planeta.

Desvantagens:

- Exige investimentos para transmissão da energia gerada;
- Produz poluição sonora;
- Interfere nas transmissões de rádio e TV;
- Em regiões onde o vento não é constante, ou a intensidade é muito fraca, obtêm-se pouca energia e quando ocorrem chuvas muito fortes, há desperdício de energia.

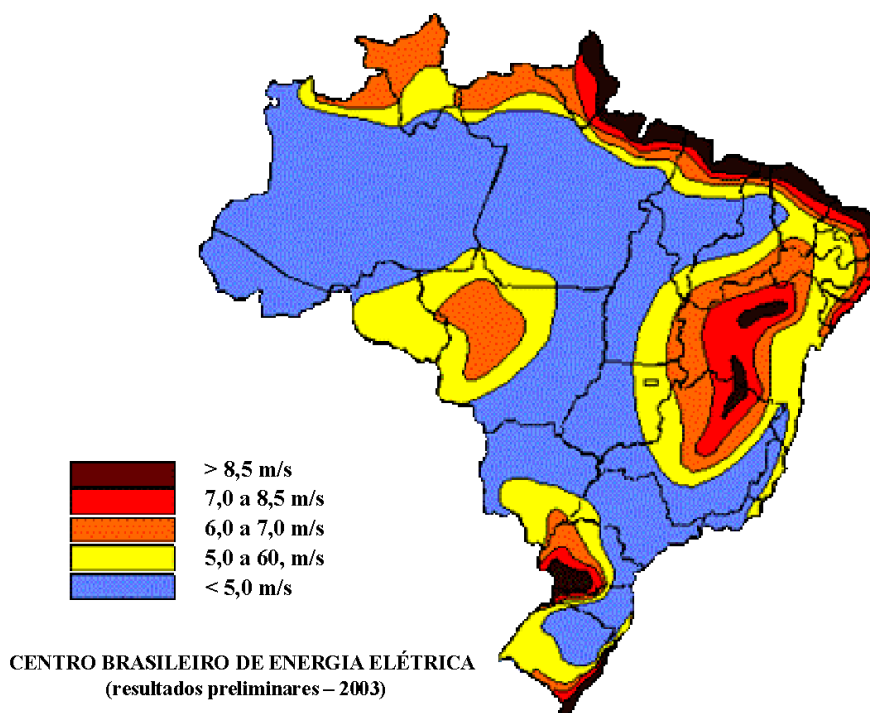


Figura 1: Mapa das potencialidades eólicas do Brasil. Dados da CBEE.

2.5 Energia Solar ou Fotovoltaica

Energia Solar e o Meio Ambiente

O sol é fonte de energia renovável, o aproveitamento desta energia tanto como fonte de calor quanto de luz, é uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os desafios do novo milênio.

A energia solar é abundante e permanente, renovável a cada dia, não polui e nem prejudica o ecossistema. A energia solar é a solução ideal para áreas afastadas e ainda não eletrificadas, especialmente num país como o Brasil onde se encontram bons índices de insolação em qualquer parte do território.

A Energia Solar soma características vantajosamente positivas para o sistema ambiental, pois o Sol, trabalhando como um imenso reator à fusão, irradia na terra todos os dias um potencial energético extremamente elevado e incomparável a qualquer outro sistema de energia, sendo a fonte básica e indispensável para praticamente todas as fontes energéticas utilizadas pelo homem.

O Sol irradia anualmente o equivalente a 10.000 vezes a energia consumida pela população mundial neste mesmo período. Para medir a potência é usada uma unidade chamada quilowatt. O Sol produz continuamente 390 sextilhões (390×10^{21}) de quilowatts de potência. Como o Sol emite energia em todas as direções, um pouco desta energia é desprendida, mas mesmo assim, a Terra recebe mais de 1.500 quadrilhões ($1,5 \times 10^{18}$) de quilowatts-hora de potência por ano.

A energia solar é importante na preservação do meio ambiente, pois tem muitas vantagens sobre as outras formas de obtenção de energia, como: não ser poluente, não influir no efeito estufa, não precisar de turbinas ou geradores para a produção de energia elétrica, mas tem como desvantagem a exigência de altos investimentos para o seu aproveitamento. Para cada um metro quadrado de coletor solar instalado evita-se a inundação de 56 metros quadrados de terras férteis, na construção de novas usinas hidrelétricas. Uma parte do milionésimo de energia solar que nosso país recebe durante o ano poderia nos dar 1 suprimento de energia equivalente a:

- 54% do petróleo nacional
- 2 vezes a energia obtida com o carvão mineral
- 4 vezes a energia gerada no mesmo período por uma usina hidrelétrica.

Energia Solar Fototérmica

Está diretamente ligado na quantidade de energia que um determinado corpo é capaz de absorver, sob a forma de calor, a partir da radiação solar incidente no mesmo. A utilização dessa forma de energia implica saber captá-la e armazená-la. Os coletores solares são equipamentos que tem como objetivo específico de se utilizar a energia solar fototérmica.

Os coletores solares são aquecedores de fluídos (líquidos ou gasosos) e são classificados em coletores concentradores e coletores planos em função da existência ou não de dispositivos de concentração da radiação solar. O fluído aquecido é mantido em reservatórios termicamente isolados até o seu uso final (água aquecida para banho, ar quente para secagem de grãos, gases para acionamento de turbinas, etc.).

Os coletores solares planos são largamente utilizados para aquecimento de água em residências, hospitais, hotéis etc. devido ao conforto proporcionado e à redução do consumo de energia elétrica.

Arquitetura Bioclimática

A Arquitetura Bioclimática é o estudo que visa harmonizar as concentrações ao clima e características locais, pensando no homem que habitará ou trabalhará nelas, e tirando partido da energia solar, através de correntes convectivas naturais e de microclimas criados por vegetação apropriada. É a adoção de soluções arquitetônicas e urbanísticas adaptadas às condições específicas (clima e hábitos de consumo) de cada lugar, utilizando a energia que pode ser diretamente obtida das condições locais.

Beneficia-se da luz e do calor provenientes da radiação solar incidente. A intenção do uso da luz solar, que implica em redução do consumo de energia para iluminação, condiciona o projeto arquitetônico quanto à sua orientação espacial, quanto às dimensões de abertura das janelas e transparência na cobertura das mesmas. A intenção de aproveitamento do calor provenientes do sol implica seleção do material adequado (isolante ou não conforme as condições climáticas) para paredes, vedações e coberturas superiores, e orientação espacial, entre outros fatores.

A arquitetura bioclimática não se restringe a características arquitetônicas adequadas. Preocupa-se, também, com o desenvolvimento de equipamentos e sistemas que são necessários ao uso da edificação (aquecimento de água, circulação de ar e de água, iluminação, conservação de alimentos entre outros) e com o uso de materiais de conteúdo energético tão baixo quanto possível.

Energia Solar Fotovoltaica

A Energia Solar Fotovoltaica é a energia da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). O efeito fotovoltaico é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão.

Atualmente o custo das células solares é um grande desafio para a indústria e o principal empecilho para a difusão dos sistemas fotovoltaicos em larga escala. A tecnologia fotovoltaica está se tornando cada vez mais competitiva, tanto porque seus custos estão decrescendo, quanto porque a avaliação dos custos das outras formas de geração está se tornando mais real, levando em conta fatores que eram anteriormente ignorados, como a questão dos impactos ambientais.

O atendimento de comunidades isoladas tem impulsionado a busca e o desenvolvimento de fontes renováveis de energia. No Brasil, por exemplo, 15% da população não possui acesso à energia elétrica. Coincidentemente, esta parcela da população vive em regiões onde o atendimento por meio da expansão do sistema elétrico convencional é economicamente inviável. Trata-se de núcleos populacionais esparsos e pouco densos, típicos das regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte.

No Brasil a geração de energia elétrica por conversão fotovoltaica teve um impulso notável, através de projetos privados e governamentais, atraindo interesse de fabricantes pelo mercado brasileiro. A quantidade de radiação incidente no Brasil é outro fator muito significativo para o aproveitamento da energia solar.

Perspectivas Futuras

Atlas Solarimétrico

O mercado brasileiro de aquecimento solar teve seu crescimento em números consideráveis nos meados da década de 70 com a crise do petróleo.

O Brasil possui um grande potencial energético solar, mas quase em todo território é inviável a instalação e manutenção de instrumentos de medição solar. O aproveitamento racional da energia solar no sentido de produzir instalações bem dimensionadas e economicamente viáveis só é possível a partir de informações solarimétricas consistentes da região em questão.

Em 1995, através do Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES), foram estabelecidas, dentro do contexto solarimetria, duas propostas de trabalho que se seguiram com o apoio da instituição: O Atlas Solarimétrico do Brasil publicado em agosto de 1997 pelo Grupo de Pesquisas em Fontes Alternativas (FAE/UFPE) e o Atlas de Irradiação Solar do Brasil publicado em outubro de 1998 pelo Laboratório de Energia Solar (Lab Solar/UFSC) e Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE).

O primeiro está representando por mapas mensais contendo isolinhas das medidas de insolação e radiação global, fundamentais na compilação de dados históricos disponíveis em todas as estações terrestres existentes no País.

A segunda proposta trata-se da aplicação e adaptação para o Brasil de um modelo físico alemão utilizando imagens de satélites e está representado por mapas mensais contendo valores pontuais da radiação global.

Os avanços e esforços realizados na área de solametria vem trazendo resultados significativos e muitas informações. É importante analisar que a qualidade de tais dados, depende dos alcances e limites técnicos de cada modelo.

Vários outros projetos estão sendo implantados na área de solametria, e muitos deles apoiados pela Cresesb (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito) e pela CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica), segue alguns deles:

Aquecimento Solar

Aquecimento Solar para Residência de Baixa Renda - Ilha do Mel - PR

Instalações de Aquecedores Solares em Belo Horizonte – MG

Sistema de Bombeamento Fotovoltaico

Sistema de bombeamento fotovoltaico para irrigação - Capim Grosso – Bahia
 Sistema de bombeamento fotovoltaico para piscicultura - Valente – Bahia
 Sistema de bombeamento fotovoltaico para consumo comunitário - Interior do Ceará
 Sistema de Bombeamento Fotovoltaico no Estado do Rio Grande do Norte
 Sistema de bombeamento fotovoltaico em Caicó – RN
 Sistema de Bombeamento Fotovoltaico em uma Comunidade Indígena - Rio Mapuera – PA
 Sistema de Bombeamento Fotovoltaico em Japi - RN

Cercas Eletrificadas com Energia Solar

Cercas Eletrificadas estimulam a produção de caprinos em Valente – Bahia

Aplicações Comunitárias

Eletrificação Fotovoltaica na Comunidade de Boa Sorte - Correguinho – MS
 Sistema de Eletrificação Comunitária no CEARÁ
 Eletrificação Fotovoltaica em Escola Rural - São João da Barra – RJ
 Energização da Comunidade Céu do Mapiá - com Energia Solar Fotovoltaica
 Iluminação Pública e Energização do Posto da Polícia Florestal - Região do Pantanal – MT
 Sistema de Eletrificação Fotovoltaica em Creche - Currais Novos – RN
 Sistema de Eletrificação Fotovoltaica em Escola - Carnaíba – RN
 Sistema de Telefonia Pública utilizando Energia Fotovoltaica - Maceió – AL

Eletrificação Fotovoltaica Residencial

Sistema de Eletrificação Rural no CEARÁ
 Sistema de Eletrificação Residencial em PERNAMBUCO
 Eletrificação Fotovoltaica no Município de Araripina – PE
 Eletrificação Fotovoltaica em Casas Populares - São João da Barra – RJ

Sistemas Hídricos

Sistema Híbrido (solar- eólico-diesel) a ser implantado em Joanes – PA
 Sistema Híbrido para Estações Remotas de Telecomunicação - Serra de Bocaina – MG
 Sistema Híbrido para Serviços Bancários - Posse - GO

Aplicações Diversas

Sistema Fotovoltaico da Estação Ecológica da Juréia - Itatins - Grajaúna - São Paulo
 Sistema Fotovoltaico do Parque Ecológico Porto Sauípe – Bahia
 Sistema Fotovoltaico para Estações Remotas de Telecomunicação - Bonfim – MG
 Posto telefônico Móvel utilizando Energia Solar - Brasília - DF

Radiação Solar: Captação e Conversão

O nosso planeta, em seu movimento anual em torno do Sol, descreve em trajetória elíptica um plano que é inclinado de aproximadamente 23,5° com relação ao plano equatorial. Esta inclinação é responsável pela variação da elevação do Sol no horizonte em relação à mesma hora, ao longo dos dias, dando origem às estações do ano e dificultando os cálculos da posição do Sol para uma determinada data, como pode ser visto na figura .

A posição angular do Sol, ao meio dia solar, em relação ao plano do Equador (Norte positivo) é chamada de Declinação Solar (δ). Este ângulo, que pode ser visto na figura 2.1.1, varia, de acordo com o dia do ano, dentro dos seguintes limites:

$$-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ$$

A soma da declinação com a latitude local determina a trajetória do movimento aparente do Sol para um determinado dia em uma dada localidade na Terra.

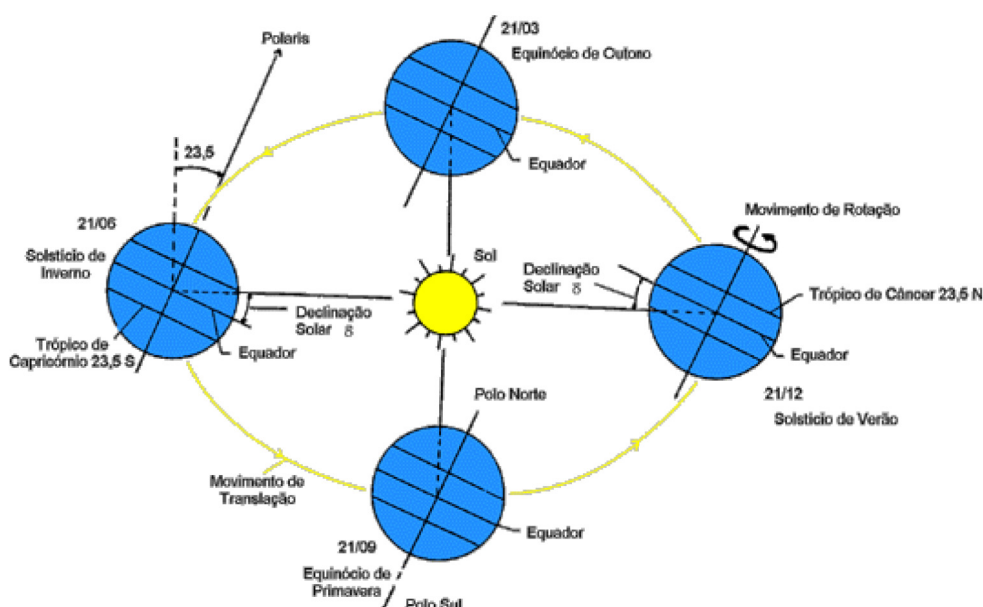


Figura 2.5.1 - Órbita da Terra em torno do Sol, com seu eixo N-S inclinado de um ângulo de 23,5o.

A radiação solar que atinge o topo da atmosfera terrestre provém da região da fotosfera solar que é uma camada tênue com aproximadamente 300 km de espessura e temperatura superficial da ordem de 5800 K. Porém, esta radiação não se apresenta como um modelo de regularidade, pois há a influência das camadas externas do Sol (cromosfera e coroa), com pontos quentes e frios, erupções cromosféricas, etc..

Apesar disto, pode-se definir um valor médio para o nível de radiação solar incidente normalmente sobre uma superfície situada no topo da atmosfera. Dados recentes da WMO (World Meteorological Organization) indicam um valor médio de 1367 W/m² para a radiação extraterrestre. Fórmulas matemáticas permitem o cálculo, a partir da “Constante Solar”, da radiação extraterrestre ao longo do ano, fazendo a correção pela órbita elíptica.

A radiação solar é radiação eletromagnética que se propaga a uma velocidade de 300.000 km/s, podendo-se observar aspectos ondulatórios e corpusculares. Em termos de comprimentos de onda, a radiação solar ocupa a faixa espectral de 0,1µm a 5µm, tendo uma máxima densidade espectral em 0,5µm, que é a luz verde.

É através da teoria ondulatória, que são definidas para os diversos meios materiais, as propriedades na faixa solar de absorção e reflexão e, na faixa de 0,75 a 100µm, correspondente ao infra-vermelho, as propriedades de absorção, reflexão e emissão.

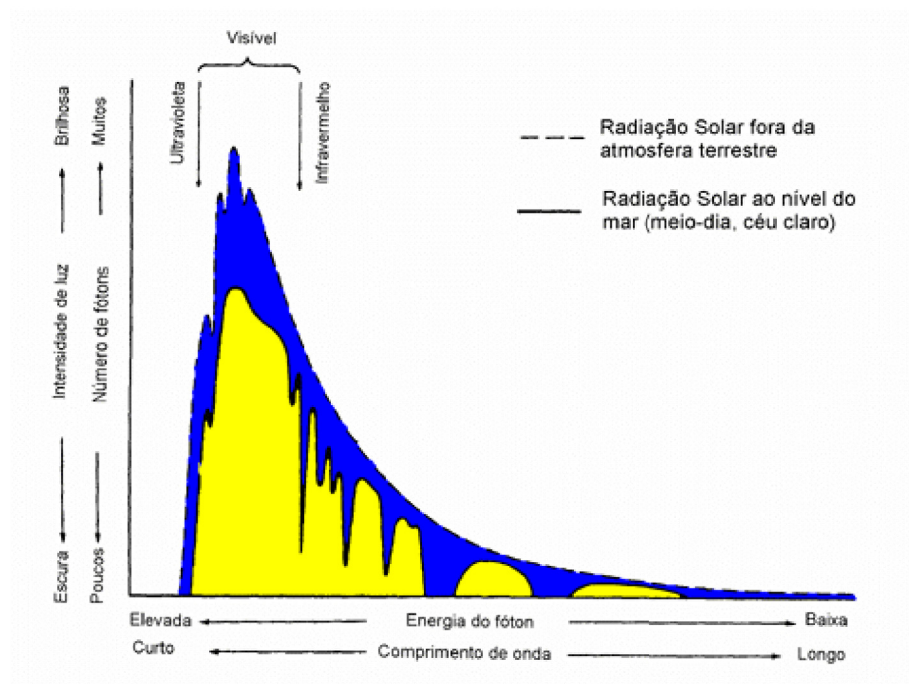


Figura 2.5.2 - Distribuição espectral da radiação solar.

A energia solar incidente no meio material pode ser refletida, transmitida e absorvida. A parcela absorvida dá origem, conforme o meio material, aos processos de fotoconversão e termoconversão.

Radiação Solar a Nível do Solo

De toda a radiação solar que chega às camadas superiores da atmosfera, apenas uma fração atinge a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. Esta fração que atinge o solo é constituída por um componente direta (ou de feixe) e por uma componente difusa.

Figura 2.5.3 - Componentes da radiação solar ao nível do solo

Notadamente, se a superfície receptora estiver inclinada com relação à horizontal, haverá uma terceira componente refletida pelo ambiente do entorno (solo, vegetação, obstáculos, terrenos rochosos, etc.). O coeficiente de reflexão destas superfícies é denominado de "albedo".

Antes de atingir o solo, as características da radiação solar (intensidade, distribuição espectral e angular) são afetadas por interações com a atmosfera devido aos efeitos de absorção e espalhamento. Estas modificações são dependentes da espessura da camada atmosférica, também identificada por um coeficiente denominado "Massa de Ar" (AM), e, portanto, do ângulo Zenital do Sol, da distância Terra-Sol e das condições atmosféricas e meteorológicas.

Devido à alternância de dias e noites, das estações do ano e períodos de passagem de nuvens e chuvosos, o recurso energético solar apresenta grande variabilidade, induzindo, conforme o caso, à seleção de um sistema apropriado de estocagem para a energia resultante do processo de conversão.

Observa-se que somente a componente direta da radiação solar pode ser submetida a um processo de concentração dos raios através de espelhos parabólicos, lentes, etc. Consegue-se através da concentração, uma redução substancial da superfície absorvedora solar e um aumento considerável de sua temperatura.

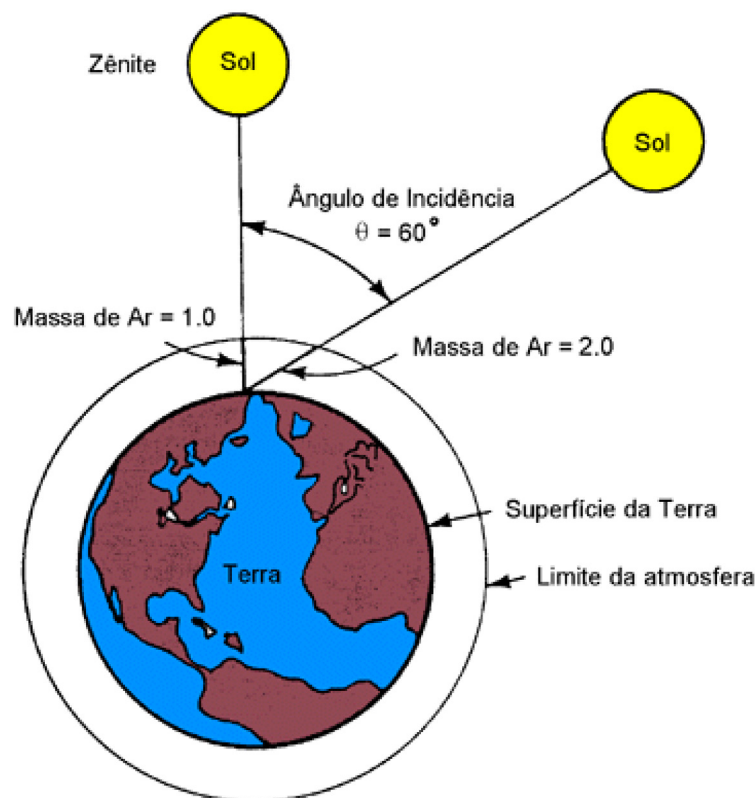


Figura 2.5.4 - Trajetória dos raios de Sol na atmosfera e definição do coeficiente de "Massa de Ar" (AM).

Efeito fotovoltaico

O efeito fotovoltaico dá-se em materiais da natureza denominados semicondutores que se caracterizam pela presença de bandas de energia onde é permitida a presença de elétrons (banda de valência) e de outra onde totalmente "vazia" (banda de condução).

O semicondutor mais usado é o silício. Seus átomos se caracterizam por possuírem quatro elétrons que se ligam aos vizinhos, formando uma rede cristalina. Ao adicionarem-se átomos com cinco elétrons de ligação, como o fósforo, por exemplo, haverá um elétron em excesso que não poderá ser emparelhado e que ficará "sobrando", fracamente ligado a seu átomo de origem. Isto faz com que, com pouca energia térmica, este elétron se livre, indo para a banda de condução. Diz-se assim, que o fósforo é um dopante doador de elétrons e denomina-se dopante n ou impureza n.

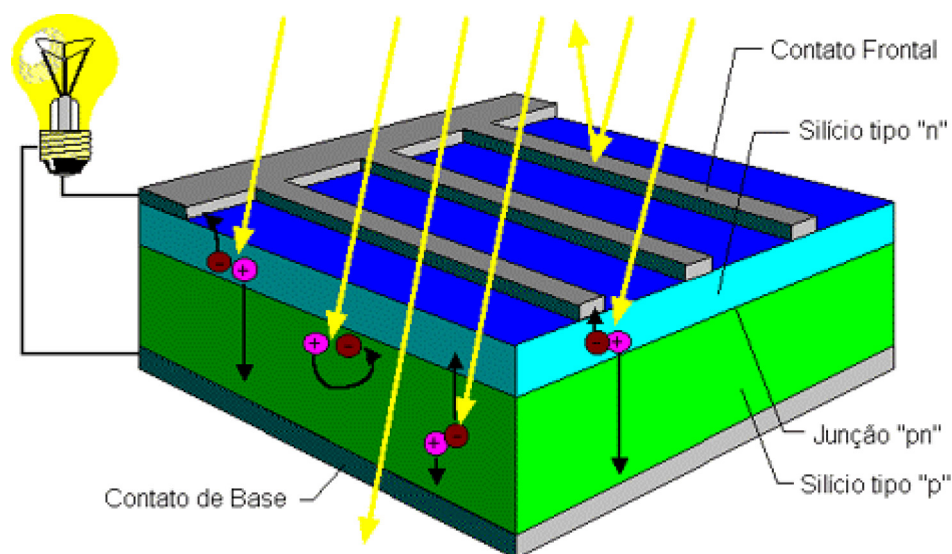


Figura 2.5.5 - Corte transversal de uma célula fotovoltaica

Se, por outro lado, introduzem-se átomos com apenas três elétrons de ligação, como é o caso do boro, haverá uma falta de um elétron para satisfazer as ligações com os átomos de silício da rede. Esta falta de elétron é denominada buraco ou lacuna e ocorre que, com pouca energia térmica, um elétron de um sítio vizinho pode passar a esta posição, fazendo com que o buraco se desloque. Diz-se portanto, que o boro é um aceitador de elétrons ou um dopante p.

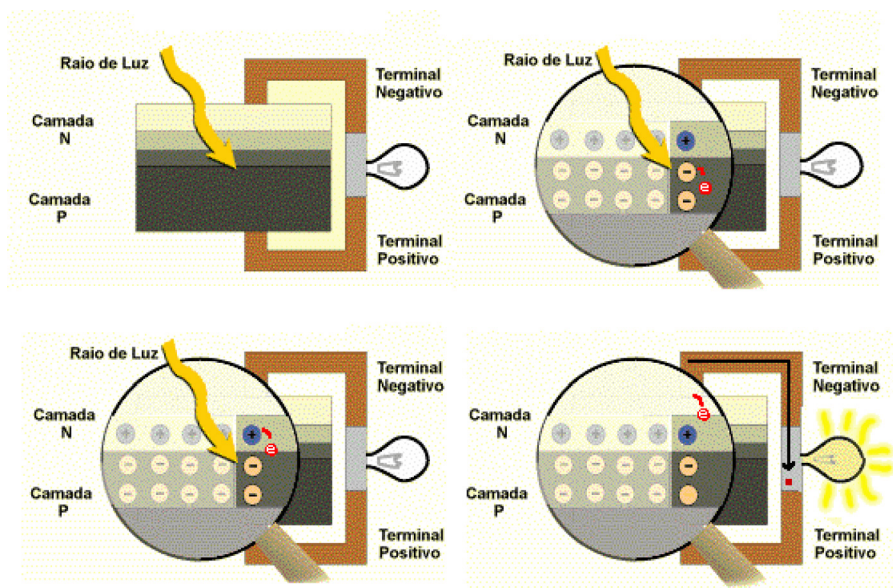


Figura 2.5.6 - Efeito fotovoltaico na junção pn

Se, partindo de um silício puro, forem introduzidos átomos de boro em uma metade e de fósforo na outra, será formado o que se chama junção pn. O que ocorre nesta junção é que elétrons livres do lado n passam ao lado p onde encontram os buracos que os capturam; isto faz com que haja um acúmulo de elétrons no lado p, tornando-o negativamente carregado e uma redução de elétrons do lado n, que o torna eletricamente positivo. Estas cargas aprisionadas dão origem a um campo elétrico permanente que dificulta a passagem de mais elétrons do lado n para o lado p; este processo alcança um equilíbrio quando o campo elétrico forma uma barreira capaz de barrar os elétrons livres remanescentes no lado n.

Se uma junção pn for exposta a fótons com energia maior que o gap, ocorrerá a geração de pares elétron-lacuna; se isto acontecer na região onde o campo elétrico é diferente de zero, as cargas serão aceleradas, gerando assim, uma corrente através da junção; este deslocamento de cargas dá origem a uma diferença de potencial ao qual chamamos de Efeito Fotovoltaico. Se as duas extremidades do “pedaço” de silício forem conectadas por um fio, haverá uma circulação de elétrons. Esta é a base do funcionamento das células fotovoltaicas.

Tipos de Células

As células fotovoltaicas são fabricadas, na sua grande maioria, usando o silício (Si) e podendo ser constituída de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo.

Componentes de um sistema fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico pode ser classificado em três categorias distintas: sistemas isolados, híbridos e conectados a rede. Os sistemas obedecem a uma configuração básica onde o sistema deverá ter uma unidade de controle de potência e também uma unidade de armazenamento.

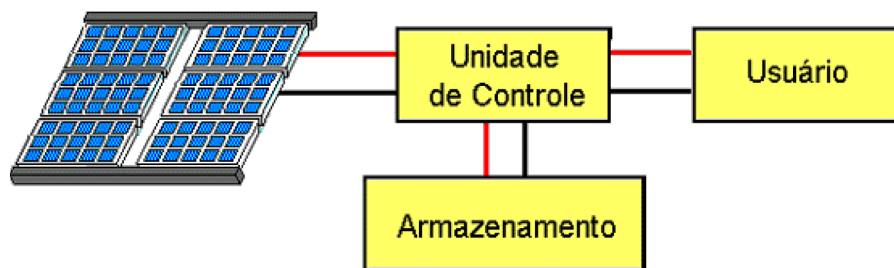


Figura 2.5.7 - Configuração básica de um sistema fotovoltaico.

Sistemas Isolados

Sistemas isolados, em geral, utiliza-se alguma forma de armazenamento de energia. Este armazenamento pode ser feito através de baterias, quando se deseja utilizar aparelhos elétricos ou armazena-se na forma de energia gravitacional quando se bombeia água para tanques em sistemas de abastecimento. Alguns sistemas isolados não necessitam de armazenamento, o que é o caso da irrigação onde toda a água bombeada é diretamente consumida ou estocadas em reservatórios.

Em sistemas que necessitam de armazenamento de energia em baterias, usa-se um dispositivo para controlar a carga e a descarga na bateria. O “controlador de carga” tem como principal função não deixar que haja danos na bateria por sobrecarga ou descarga profunda. O controlador de carga é usado em sistemas pequenos onde os aparelhos utilizados são de baixa tensão e corrente contínua (CC).

Para alimentação de equipamentos de corrente alternada (CA) é necessário um inversor. Este dispositivo geralmente incorpora um seguidor de ponto de máxima potência necessário para otimização da potência final produzida. Este sistema é usado quando se deseja mais conforto na utilização de eletrodomésticos convencionais.

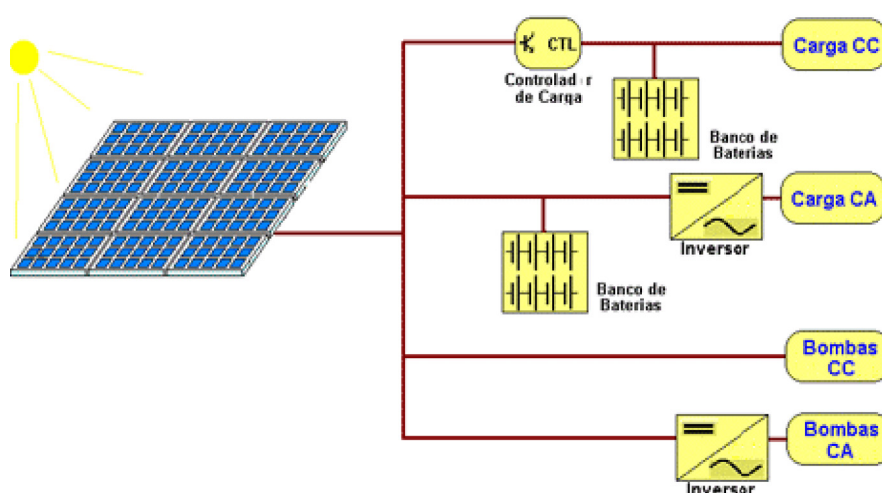


Figura 2.5.8 - Diagrama de sistemas fotovoltaicos em função da carga utilizada.

Sistemas Híbridos

Sistemas híbridos são aqueles que, desconectado da rede convencional, apresenta várias fontes de geração de energia como por exemplo: turbinas eólicas, geração diesel, módulos fotovoltaicos entre outras. A utilização de várias formas de geração de energia elétrica torna-se complexo na necessidade de otimização do uso das energias. É necessário um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência na entrega da energia para o usuário.



Figura 2.5.9 - Exemplo de sistema híbrido.

Em geral, os sistemas híbridos são empregados para sistemas de médio a grande porte vindo a atender um número maior de usuários. Por trabalhar com cargas de corrente contínua, o sistema híbrido também apresenta um inversor. Devido a grande complexidade de arranjos e multiplicidade de opções, a forma de otimização do sistema torna-se um estudo particular para cada caso.

Sistemas Interligados à Rede

Estes sistemas utilizam grandes números de painéis fotovoltaicos, e não utilizam armazenamento de energia pois toda a geração é entregue diretamente na rede. Este sistema representa uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual esta conectada. Todo o arranjo é conectado em inversores e logo em seguida guiados diretamente na rede. Estes inversores devem satisfazer as exigências de qualidade e segurança para que a rede não seja afetada.

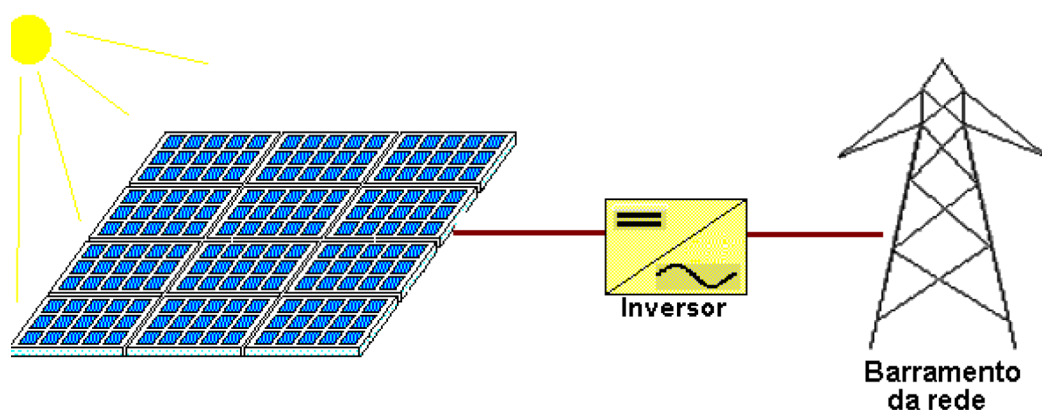


Figura 2.5.10 - Sistema conectado à rede.

Curiosidades

Uma energia garantida durante os próximos 6.000 milhões de anos.

Dentre as formas de aproveitamento energético da energia solar, destacam-se a biomassa, a energia eólica, a energia solar fotovoltaica (que é a produção de energia elétrica a partir do Sol) e a energia solar térmica, que tem seu principal uso como fonte de calor para o aquecimento de água através de aquecedores solares.

O Sol, fonte de vida e origem dos outros modos de energia que o homem usou desde o começo da História, pode satisfazer todas nossas necessidades, se aprendermos a aproveitar de um modo racional a luz que continuamente derrama no planeta.

Tem brilhado no céu a aproximadamente cinco mil milhões de anos, e calcula-se que ainda não chegou nem a metade de sua existência.

No Brasil em cada metro quadrado de solo, irradia em um ano aproximadamente 1.500 quilowatt-hora de energia. Esta energia pode ser transformada em outras formas úteis como, por exemplo, em eletricidade.

É preciso tirar vantagem por todos os meios possíveis desta inesgotável fonte de energia que pode nos tornar independente do petróleo ou de outras alternativas menos seguras, mais caras, com preços atrelados ao dólar.

Porém, ainda existem problemas a superar. É preciso lembrar de esta energia é sujeita a flutuações e variações. Por exemplo, a radiação é menor no inverno, quando mais precisamos dela. É muito importante continuar buscando tecnologia de recepção, acumulação e distribuição da energia solar.

Durante o presente ano, o Sol irradiará na Terra quatro mil vezes mais energia que do que vamos consumir.

O Brasil, possui os mais elevados índices mundiais dessa fonte de energia. A incidência solar na área do Distrito Federal, corresponde a produção energética de 162 Itaipus, conforme dados da ABRAVA.

2.6 Energia Maremotriz

As ondas do mar possuem energia cinética devido ao movimento da água e energia potencial devido à sua altura. Energia elétrica pode ser obtida se for utilizado o movimento oscilatório das ondas. O aproveitamento é feito nos dois sentidos: na maré alta a água enche o reservatório, passando através da turbina, e produzindo energia elétrica, na maré baixa a água esvazia o reservatório, passando novamente através da turbina, agora em sentido contrário ao do enchimento, e produzindo energia elétrica.

A desvantagem de se utilizar este processo na obtenção de energia é que o fornecimento não é contínuo e apresenta baixo rendimento. As centrais são equipadas com conjuntos de turbinas bolbo, totalmente imersas na água. A água é turbinada durante os dois sentidos da maré, sendo de grande vantagem a posição variável das pás para este efeito. No entanto existem problemas na utilização de centrais de energia das ondas, que requerem cuidados especiais: as instalações não podem interferir com a navegação e têm que ser robustas para poder resistir às tempestades mas ser suficientemente sensíveis para ser possível obter energia de ondas de amplitudes variáveis. Esta energia é proveniente das ondas do mar. O aproveitamento energético das marés é obtido através de um reservatório formado junto ao mar, através da construção de uma barragem, contendo uma turbina e um gerador.

A maioria das instalações de Centrais de energia das ondas existentes são de potência reduzida, situando-se no alto mar ou junto à costa, e para fornecimento de energia elétrica a faróis isolados ou carregamento de baterias de bóias de sinalização. As instalações de centrais de potência média, apenas tem interesse econômico em casos especiais de geometria da costa. O número de locais no mundo em que esta situação ocorre é reduzido.

As marés são o resultado da combinação de forças produzidas pela atração do sol e da lua e do movimento de rotação da Terra leva à subida e descida da água dos oceanos e mares: as marés. Os movimentos verticais da água dos oceanos, associados à subida e descida das marés é acompanhado num movimento horizontal, denominado por correntes das marés. Estas correntes tem uma periodicidade idêntica à das oscilações verticais. Efeitos das zonas terrestres (bacias hidrográficas e baías, estreitos e canais) provocam restrições a estes movimentos periódicos podendo daí resultar elevadas amplitudes ou elevadas velocidades da corrente da maré.

Nos países como a França, o Japão e a Inglaterra este tipo de energia gera eletricidade. No Brasil, temos cidades com grandes amplitudes de marés, como São Luís - Baía de São Marcos, no Maranhão - com 6,8 metros e em Tutóia com 5,6 metros. Mas nestas regiões, infelizmente, a topografia do litoral não favorece a construção econômica de reservatórios, o que impede seu aproveitamento.

Curiosidades:

- Em Portugal há uma central na ilha do Pico nos Açores. A central é do tipo de coluna de água oscilante, com uma turbina Wells de eixo horizontal que aciona um gerador elétrico de velocidade variável, com a potência de 400 kW.
- Na Europa foi construída uma central de produção de energia das marés em La Rance (França), a 10 km da desembocadura do rio Rance no Canal da Mancha. Neste local a amplitude da maré é de 13 metros. As turbinas da central funcionam quando enche e quando esvazia o estuário do rio Rance. Está em funcionamento desde 1966 e produz cerca de 550 GWh anualmente.
- O Centro de Ciência e Tecnologia da Marinha do Japão estuda formas de obter energia das ondas do mar. Para tanto, começou a testar em julho um gerador flutuante que atende pelo estranho nome de Baleia Poderosa. É uma balsa que foi ancorada na entrada de uma baía com sua frente apontada para a direção das ondas, mede 50 metros de comprimento por 30 de largura e 12 de profundidade, e é dividida internamente em três compartimentos, todos cheios de ar. Trata-se de um sistema engenhoso que converte a energia das ondas em energia pneumática. O balanço das ondas faz com que o nível da água no interior das câmaras suba e desça sem parar, fazendo-as funcionar como pistões gigantes. Quando o nível do mar sobe, a água comprime o ar que é afunilado na direção de uma turbina, movendo suas pás e gerando 110 kW de eletricidade.

2.7 Biomassa

Através da fotossíntese, as plantas capturam energia do sol e transformam em energia química. Esta energia pode ser convertida em eletricidade, combustível ou calor. As fontes orgânicas que são usadas para produzir energias usando este processo são chamadas de biomassa.

Os combustíveis mais comuns da biomassa são os resíduos agrícolas, madeira e plantas como a cana-de-açúcar, que são colhidos com o objetivo de produzir energia.

Em condições favoráveis a biomassa pode contribuir de maneira significativa para com a produção de energia elétrica. O pesquisador Hall, através de seus trabalhos, estima que com a recuperação de um terço dos resíduos disponíveis seria possível o atendimento de 10% do consumo elétrico mundial e que com um programa de plantio de 100 milhões de hectares de culturas especialmente para esta atividade seria possível atender 30% do consumo.

A produção de energia elétrica a partir da biomassa, atualmente, é muito defendida como uma alternativa importante para países em desenvolvimento e também outros países. No Brasil cerca de 30% das necessidades energéticas são supridas pela biomassa sob a forma de:

- Lenha para queima direta nas padarias e cerâmicas;
- Carvão vegetal para redução de ferro gusa em fornos siderúrgicos e combustível alternativo nas fábricas de cimento do norte e do nordeste;
- No sul do país queimam carvão mineral, álcool etílico ou álcool metílico para fins carburantes e para indústria química;
- O bagaço de cana e outros resíduos combustíveis são utilizados para geração de vapor para produzir eletricidade, como nas usinas de açúcar e álcool, que não necessitam de outro combustível, pelo contrário ainda sobra bagaço para a indústria da celulose.

Biomassa e Eletricidade

A tabela abaixo demonstra a situação de empreendimentos termelétricos no Brasil, classificando por fonte e situação. O bagaço de cana e o licor negro estão entre as fontes mais importantes, nos setores sucro-alcooleiro e de papel e celulose, respectivamente, além de diversos tipos de sistemas híbridos com combustíveis fósseis. O Plano Decenal de Expansão 2000/2009 estima o potencial técnico de cogeração nestes dois setores em 5.750 MW, com um potencial de mercado de pouco mais de 2.800 MW, em 2009.

Combustível	Potência (MW)
Bagaço de cana	391,15
Biomassa	82,75
Biomassa e bagaço de cana	4,00
Biomassa e óleo combustível	8,80
Lenha picada	5,31
Licor negro	310,18
Licor negro e biomassa	142,90
Lixo urbano	26,30
Lixo Urbano e gás natural	600,00
Óleo diesel e biomassa	70,20
Total	1.633,59

Sistemas de Cogeração da Biomassa

Os sistemas de cogeração, que permitem produzir simultaneamente energia elétrica e calor útil, configuram a tecnologia mais racional para a utilização de combustíveis. Este é o caso das indústrias sucro-alcooleira e de papel e celulose, que além de demandar potência elétrica e térmica, dispõem de combustíveis residuais que se integram de modo favorável ao processo de cogeração. A cogeração é usada em grande escala no mundo, inclusive com incentivos de governos e distribuidoras de energia.

Usinas de Açúcar e Álcool

A produção elétrica nas usinas de açúcar e álcool, em sistemas de cogeração que usam o bagaço de cana como combustível, é uma prática tradicional deste segmento, em todo o Mundo. O que diferencia seu uso, é a eficiência com que o potencial do bagaço é aproveitado.

No Brasil, maior produtor mundial de cana-de-açúcar, a cogeração nas usinas de açúcar e álcool também é uma prática tradicional, produzindo-se entre 20 a 30 kWh por tonelada de cana moída, como energia elétrica e mecânica, esta última usada no acionamento direto das moendas.

A cogeração com bagaço irá certamente melhorar a economicidade da produção sucroalcooleira, aumentando a competitividade do álcool carburante. O bagaço volumoso, é de difícil transporte, implicando em gasto adicional, tornando a geração de eletricidade na própria região da usina mais barata. Mais econômica é gerar eletricidade associada à geração de calor de processo para uso na usina, conservando-se energia.

A forma mais eficiente e limpa de gerar energia elétrica com bagaço é através de tecnologias modernas, como a Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC). O processo gaseifica o bagaço e o gás produzido alimenta a câmara de combustão de uma turbina a gás. Esta tecnologia possibilita o aproveitamento integral da cana-de-açúcar.

Indústria de Papel e Celulose

Do mesmo modo que na indústria sucro-alcooleira, a produção de papel e celulose apresenta interessantes perspectivas para a produção combinada de energia elétrica e calor útil, tendo em vista suas relações de demanda de eletricidade e vapor de baixa/média pressão e a disponibilidade de combustíveis residuais de processo, como o licor negro e as cascas e resíduos da biomassa.

Vantagens e desvantagens

A utilização de biomassa para produção de energia, tanto elétrica como em forma de vapor, em caldeiras ou fornos já é uma realidade no Brasil. O uso da madeira para a geração de energia apresenta algumas vantagens e desvantagens, quando relacionadas com combustíveis a base de petróleo.

Vantagens:

- Baixo custo de aquisição;
- Não emite dióxido de enxofre;
- As cinzas são menos agressivas ao meio ambiente que as provenientes de combustíveis fósseis;
- Menor corrosão dos equipamentos (caldeiras, fornos);
- Menor risco ambiental;
- Recurso renovável;
- Emissões não contribuem para o efeito estufa.

Desvantagens:

- Menor poder calorífico;
- Maior possibilidade de geração de material particulado para a atmosfera. Isto significa maior custo de investimento para a caldeira e os equipamentos para remoção de material particulado;
- Dificuldades no estoque e armazenamento.

Além das citadas acima, existem algumas vantagens indiretas, como é o caso de madeiras que utilizam os resíduos do processo de fabricação (serragem, cavacos e pedaços de madeira) para a própria produção de energia, reduzindo, desta maneira, o volume de resíduo do processo industrial.

Algumas das desvantagens podem ser compensadas através de monitoramento de parâmetros do processo. Para o controle do processo de combustão devem ser monitorados o excesso de ar, CO e, para instalações de grande porte, também, deve existir o monitoramento da densidade colorimétrica da fumaça por um sistema on-line instalado na chaminé. Esses controles do processo de combustão são medidas para impedir a geração de poluentes e, assim chamadas indiretas. As Medidas Indiretas visam reduzir a geração e o impacto de poluentes sem aplicação de equipamentos de remoção. O uso de equipamentos de remoção é uma medida direta que visa remover aquela parte de poluentes impossíveis de remover com as medidas indiretas. Portanto, deve-se, sempre que possível, tentar implantar as medidas indiretas antes de aplicar as diretas.

Medidas Indiretas no Controle de Poluição do ar:

- Impedir a geração de poluente
- Diminuir a quantidade gerada
- Diluição através de chaminé alta
- Adequada localização da fonte

Medidas Diretas no Controle de Poluição do ar:

- Ciclones e mult ciclones
- Lavadoras
- Lavador venturi
- Filtro de tecido
- Precipitadores eletrostáticos
- Adsorvedores
- Incineradores de gases
- Condensadores

2.8 Gás natural

O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos leves, que à temperatura ambiente e pressão atmosférica, permanece no estado gasoso. É um gás inodoro e incolor, não é tóxico e é mais leve que o ar. O gás natural é uma fonte de energia limpa, que pode ser usada nas indústrias, substituindo outros combustíveis mais poluentes, como óleos combustíveis, lenha e carvão. Desta forma ele contribui para reduzir o desmatamento e diminuir o tráfego de caminhões que transportam óleos combustíveis para as indústrias. As reservas de gás natural são muito grandes e o combustível possui inúmeras aplicações em nosso dia-a-dia, melhorando a qualidade de vida das pessoas. Sua distribuição é feita através de uma rede de tubos e de maneira segura, pois não necessita de estocagem de combustível e por ser mais leve do que o ar, dispersa-se rapidamente na atmosfera em caso de vazamento. Usando o gás natural, você protege o meio ambiente e colabora para acabar com a poluição.

Origem

É uma energia de origem fóssil, resultado da decomposição da matéria orgânica fóssil no interior da Terra, encontrado acumulado em rochas porosas no subsolo, freqüentemente acompanhado por petróleo, constituindo um reservatório.

Gás Natural e o Meio Ambiente

Por estar no estado gasoso, o gás natural não precisa ser atomizado para queimar. Isso resulta numa combustão limpa, com reduzida emissão de poluentes e melhor rendimento térmico, o que possibilita redução de despesas com a manutenção e melhor qualidade de vida para a população.

A composição do gás natural pode variar bastante, predominando o gás metano, principal componente, etano, propano, butano e outros gases em menores proporções. Apresenta baixos teores de dióxido de carbono, compostos de enxofre, água e contaminantes, como nitrogênio. A sua combustão é completa, liberando como produtos o dióxido de carbono e vapor de água, sendo os dois componentes não tóxicos, o que faz do gás natural uma energia ecológica e não poluente.

O gás natural caracteriza-se por sua eficiência, limpeza e versatilidade. É utilizado em indústrias, no comércio, em residências, em veículos. É altamente valorizado em consequência da progressiva conscientização mundial da relação entre energia e o meio ambiente.

As especificações do gás para consumo são ditadas pela Portaria n. 41 de 15 de abril de 1998, emitida pelo Agência Nacional do Petróleo, a qual agrupou o gás natural em 3 famílias, segundo a faixa de poder calorífico. O gás comercializado no Brasil enquadra-se predominantemente no grupo M (médio), cujas especificações são:

- Poder calorífico superior (PCS) a 20 °C e 1 atm: 8.800 a 10.200 kcal/m³
- Densidade relativa ao ar a 20 °C: 0,55 a 0,69
- Enxofre total: 80 mg/m³ máximo
- H₂S: 20 mg/m³ máximo
- CO₂: 2 % em volume máximo
- Inertes: 4 % em volume máximo
- O₂: 0,5 % em volume máximo
- Ponto de orvalho da água a 1 atm: -45 °C máximo
- Isento de poeira, água condensada, odores objetáveis, gomas, elementos formadores de goma hidrocarbonetos condensáveis, compostos aromáticos, metanol ou outros elementos sólidos ou líquidos.

Aplicações

O gás natural, após tratado e processado, é utilizado largamente em residências, no comércio, em indústrias e em veículos. Nos países de clima frio, seu uso residencial e comercial é predominantemente para aquecimento ambiental. Já no Brasil, esse uso é quase exclusivo em cocção de alimentos e aquecimento de água.

Na indústria, o gás natural é utilizado como combustível para fornecimento de calor, geração de eletricidade e de força motriz, como matéria-prima nos setores químico, petroquímico e de fertilizantes, e como redutor siderúrgico na fabricação de aço.

Na área de transportes, é utilizado em ônibus e automóveis, substituindo o óleo diesel, a gasolina e o álcool.

Vantagens do Gás Natural

- baixo impacto ambiental: o gás é um combustível ecológico. Sua queima produz uma combustão limpa, melhorando a qualidade do ar, pois substitui formas de energias poluidoras como carvão, lenha e óleo combustível. Contribui ainda para a redução do desmatamento.
- facilidade de transporte e manuseio: Contribui para a redução do tráfego de caminhões que transportam outros tipos de combustíveis. Não requer estocagem, eliminando os riscos do armazenamento de combustíveis.
- vetor de atração de investimentos: A disponibilidade do gás atrai novas empresas, contribuindo para a geração de empregos na região.
- segurança: Por ser mais leve do que o ar, o gás se dissipa rapidamente pela atmosfera em caso de vazamento. Esta é a grande diferença em relação ao gás de cozinha (GLP) que, por ser mais pesado que o ar, tende a se acumular junto ao ponto de vazamento, facilitando a formação de mistura explosiva.

Impactos e Problemas

Por ser um combustível fóssil, formado a milhões de anos, trata-se de uma energia não renovável, portanto finita.

O gás natural apresenta riscos de asfixia, incêndio e explosão. Por outro lado, existem meios de controlar os riscos causados pelo uso do gás natural. Por ser mais leve que o ar, o gás natural tende a se acumular nas partes mais elevadas quando em ambientes fechados.

Para evitar risco de explosão, devem-se evitar, nesses ambientes, equipamentos elétricos inadequados, superfícies superaquecidas ou qualquer outro tipo de fonte de ignição externa.

Em caso de fogo em locais com insuficiência de oxigênio, poderá ser gerado monóxido de carbono, altamente tóxico. A aproximação em áreas onde ocorrerem vazamentos só poderá ser feita com uso de aparelhos especiais de proteção respiratória cujo suprimento de ar seja compatível com o tempo esperado de intervenção, controlando-se permanentemente o nível de explosividade.

Os vazamentos com ou sem fogo deverão ser eliminados por bloqueio da tubulação alimentadora através de válvula de bloqueio manual. A extinção do fogo com extintores ou aplicação de água antes de se fechar o suprimento de gás poderá provocar graves acidentes, pois o gás pode vir a se acumular em algum ponto e explodir.

O que é um Gasoduto?

O gasoduto é uma rede de tubulações que leva o gás natural das fontes produtoras até os centros consumidores. O gasoduto Bolívia-Brasil transporta o gás proveniente da Bolívia para atender os Estados de Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Transporta grandes volumes de gás, possui tubulações de diâmetro elevado, opera em alta pressão e somente se aproxima das cidades para entregar o gás às companhias distribuidoras, constituindo um sistema integrado de transporte de gás.

O gás é comercializado através de contratos de fornecimento com as Companhias Distribuidoras de casa Estado, detentoras da concessão de distribuição. A TBG (Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil S/A), proprietária do gasoduto, é responsável pelo transporte do gás até os pontos de entrega (Companhias Distribuidoras).

Como funciona uma Rede de Distribuição

As redes de distribuição transportam volumes menores de gás natural a menores pressões, com tubulações de diâmetros menores que do gasoduto. É esta rede que recebe o gás nos gasodutos e o leva até as indústrias e aos centros urbanos e por fim, até a sua casa. A rede de gás natural é tão importante e segura quanto as redes de energia elétrica, telefone, água ou fibra ótica e contribuem para facilitar a vida das pessoas e impulsionar o comércio e as indústrias.

O Gás Natural é uma Energia Segura?

Totalmente. Além de segura é ecologicamente correta. As redes de distribuição são enterradas e protegidas com placas de concreto, faixas de segurança e sinalização. Há algumas medidas de segurança utilizadas nas obras:

- **materiais:** na fabricação dos dutos foram utilizados materiais especiais, de grande resistência e durabilidade. As soldas são inspecionadas através de um rigoroso controle de qualidade.
- **válvulas de bloqueio:** são instaladas ao longo da rede com o objetivo de interromper o fluxo de gás, em caso de um eventual vazamento. Em trechos urbanos são instalados a cada 1 km.
- **proteção das tubulações:** as tubulações são enterradas, no mínimo, a 1 metro de profundidade. Nas travessias, a tubulação é revestida por um tubo protetor contra as cargas externas. Em áreas urbanas, as placas de concreto são instaladas sobre a tubulação, para protegê-la de impactos decorrentes de escavações.
- **controle de corrosão:** contra o ataque corrosivo do solo, as tubulações são protegidas por um sistema conhecido por proteção catódica.
- **sinalização:** a finalidade é alertar sobre a presença da rede de gás. A sinalização subterrânea consta de fita plástica na cor amarela com 30 cm de largura, instalada abaixo da superfície do solo para alertar as pessoas que fazem escavações. A sinalização aérea é constituída de placas e avisos instalados ao longo da rede.
- **odorização:** tem o objetivo de dotar o gás de um odor característico, para permitir a pronta detecção em caso de eventuais vazamentos.

Usina Elétrica à Gás de Araucária-PR

O Consórcio formado pela COPEL (20% de participação); BG (INGLATERRA); EL PASO (USA); e PETROBRAS DISTRIBUIDORA, está desenvolvendo estudos técnicos, econômicos e ambientais para a implantação da Usina Termelétrica à Gás Natural, no município de Araucária - Paraná.

A Usina de 480 MW em ciclo combinado, de duas turbinas a gás natural de 160 MW e uma turbina a vapor de 160 MW irá consumir na condição de operação nominal 2.200.000 metros cúbicos de gás por dia.

O início de operação está previsto para o primeiro semestre de 2002 e será interligada ao sistema elétrico sul-sudeste brasileiro na Região Metropolitana de Curitiba. (fonte: Copel)

Concepção artística da UEG Araucária



2.9 Energia Geotérmica

A energia geotérmica existe desde que o nosso planeta foi criado. Geo significa terra e térmica está ligada a quantidade de calor. Abaixo da crosta terrestre constitui-se uma rocha líquida, o magma. A crosta terrestre flutua nesse magma, que por vezes atinge a superfície através de um vulcão ou de uma fenda.

Os vulcões, as fontes termais e as fumarolas são manifestações conhecidas desta fonte de energia. O calor da terra pode ser aproveitado para usos diretos, como o aquecimento de edifícios e estufas ou para a produção de eletricidade em centrais geotérmicas.

Em Portugal, existem alguns aproveitamentos diretos, como o caso da Central Geotérmica em São Miguel (Açores).

Origem

A água contida nos reservatórios subterrâneos pode aquecer ou mesmo ferver quando em contato com o magma. Existem locais onde a água quente sobe até a superfície terrestre, formando pequenos lagos. A água é utilizada para aquecer prédios, casas, piscinas no inverno, e até para produzir eletricidade. Em alguns lugares do planeta, existe tanto vapor e água quente que é possível produzir energia elétrica. A temperatura da água quente pode ser maior que 2000 C.

Abrem-se buracos fundos no chão até chegar aos reservatórios de água e vapor, estes são drenados até a superfície por meio de tubos e canos apropriados. Através desses tubos o vapor é conduzido até a central elétrica geotérmica. Tal como uma central elétrica normal, o vapor faz girar as lâminas da turbina como uma ventoinha. A energia mecânica da turbina é transformada em energia elétrica através de um gerador. A diferença dessas centrais elétricas é que não é necessário queimar um combustível para produzir eletricidade. Após passar pela turbina, o vapor é conduzido para um tanque onde será resfriado. A água que se forma será novamente canalizada para o reservatório onde será naturalmente aquecida pelas rochas quentes.

Geotermia e Meio Ambiente

Devido a natureza, a energia geotérmica é uma das mais benignas fontes de eletricidade. Essa energia é de obtenção mais barata que os combustíveis fósseis ou usinas nucleares. A emissão de gases poluentes (CO₂ e SO₂) é praticamente nula.

Trata-se de uma fonte de energia não-renovável, porque o fluxo de calor do centro da Terra é muito pequeno comparado com a taxa de extração requerida, o que pode levar o campo geotérmico ao esgotamento. O tempo de vida do campo é de décadas, porém a recuperação pode levar séculos. Campos geotérmicos podem ser extensos e podem prover trabalho fixo por muitos anos.

Nos últimos trinta anos, a ciência da geofísica avançou rapidamente e o conhecimento da estrutura do planeta tem crescido consideravelmente. A teoria das placas tectônicas permitiu uma compreensão do porquê que certas regiões têm maior atividade vulcânica e sísmica do que outras. Embora as minas mais profundas estão só a alguns quilômetros de profundidade e os buracos são geralmente perfurados à profundidade de até 10 km, técnicas sismológicas junto com evidências indiretas permitiram um conhecimento maior da forma da estrutura da terra.

Os gradientes de temperatura variam amplamente em cima da superfície da terra. Isto é o resultado do derretimento local devido a pressão e fricção e aos movimentos de placas vizinhas uma contra a outra. Sendo assim, um fluxo de magma debaixo pode acontecer. A localização das placas vizinhas também correspondem a regiões onde atividades vulcânicas são encontradas.

O calor medido perto da superfície surge do magma mas outros fatores também podem afetar o fluxo de calor e gradiente térmico. Em alguns casos, convecção de fonte de água natural perturba o padrão de fluxo de calor e em outros casos é pensado que o lançamento de gases quentes de pedra funda pode aumentar o fluxo.

Outro mecanismo importante é geração de calor de isótopos radioativos de elementos tal como urânio, tório e potássio. Este mecanismo não é completamente compreendido, mas certas áreas da crosta sofreram derretimento sucessivo e recristalização com o tempo e isso conduziu à concentração destes elementos a certos níveis da crosta. Em uma menor extensão, reações químicas exotérmicas também podem contribuir para o aquecimento local.

Áreas classificadas como hipertérmicas exibem gradientes muito altos (muitas vezes tão grande quanto as áreas não térmicas) e estão normalmente perto das placas vizinhas. Áreas semi-térmicas com gradientes de 40-70 C/km podem ter anomalias na grossura da crosta em caso contrário regiões estáveis ou devido a efeitos locais como radioatividade.

Em áreas de dobramentos modernos, onde há vulcões, como na Rússia e Itália, bombeia-se água da superfície para as profundidades do subsolo em que existam câmaras magmáticas (de onde sai as lavas). Nestas câmaras a temperatura é muito alta e por isto a água transforma-se em vapor, que retorna à superfície por pressão através de tubulações, acionando turbinas em usinas geotérmicas situadas na superfície terrestre. Em regiões onde há geiseres (vapor d'água sob pressão proveniente de camadas profundas da crosta terrestre, através de fissuras da mesma, explodindo periodicamente na superfície terrestre), como na Islândia, aproveita-se este vapor d'água para calefação doméstica.

A cada 32 metros de profundidade da crosta terrestre a temperatura aumenta cerca de 1°C: é o grau geotérmico. Este aumento de temperatura pode ser usado para a construção de usinas geotérmicas, como já foi executado experimentalmente por cientistas norte-americanos do Laboratório Nacional de Los Alamos. Como todos os recursos naturais não-renováveis, a energia geotérmica também deve ser utilizada racionalmente.

Impactos e Problemas

A energia geotérmica é restrita, não sendo encontrada em todos os lugares, o que dificulta a implantação de projetos em determinadas localidades.

Por causa dos altos índices de desperdícios que ocorrem quando o fluido geotérmico é transmitido a longas distâncias através de dutos, a energia deve ser posta em uso no campo geotérmico ou próximo deste. Dessa maneira o impacto ambiental é sentido somente nos arredores da fonte de energia.

Geralmente os fluxos geotérmicos contêm gases dissolvidos, e esses gases são liberados para a atmosfera, junto com o vapor de água. Na maioria são gases sulfurosos (H_2S), com odor desagradável, corrosivos e com propriedades nocivas à saúde humana.

Há a possibilidade de contaminação da água nas proximidades de uma usina geotérmica, devido a natureza mineralizada dos fluidos geotérmicos e à exigência de disposição de fluidos gastos. A descarga livre dos resíduos líquidos para a superfície pode resultar na contaminação de rios, lagos.

Quando uma grande quantidade de fluido é retirada da terra, sempre há a chance de ocorrer um abalo, e nesses lugares deve ser injetado água para não ocorrer o aluimento da terra.

Os testes de perfuração das fontes são operações barulhentas, geralmente as áreas geotérmicas são distante das áreas urbanas. O calor perdido das usinas geotérmicas é maior que de outras usinas, o que leva a um aumento da temperatura do ambiente próximo à usina.

Perspectivas Futuras

A energia geotérmica é uma fonte de energia alternativa que é encontrada em locais especiais da superfície terrestre, que necessita de muita pesquisa para melhor ser aproveitada, pois o rendimento que se consegue é ainda muito baixo. O alto custo das construções das usinas, da perfuração, e os possíveis impactos inviabilizam ainda muitos projetos.

Curiosidades:

A primeira usina de eletricidade baseada em energia geotérmica foi a de Larderello na Itália, construída em 1913, acionando um gerador de 250Kw tendo sido posteriormente ampliada passando a gerar 400Mw elétricos. Nesta usina a energia geotérmica é captada de uma profundidade de 1000 pés (987,5m), e o vapor gerado se encontra a uma temperatura de 240°C.

2.10 Célula Combustível

Conceito - Funcionamento

A célula a combustível é uma tecnologia que utiliza a combinação química entre os gases oxigênio (O_2) e hidrogênio (H_2) para gerar energia elétrica, energia térmica (calor) e água.

A primeira célula a combustível foi desenvolvida em 1839 por um físico inglês chamado William Grove. Ele sabia que passando eletricidade através da água podiam-se obter os gases hidrogênio e oxigênio, que constituem a água.

Como todo bom e curioso cientista, ele tentou fazer o processo reverso, combinando hidrogênio e oxigênio para produzir eletricidade e água. E conseguiu! Mas a sua invenção chamada por ele de “bateria à gás”, não tinha muita aplicação prática naquela época. Anos depois em 1889,

o nome “célula a combustível” foi criado por dois cientistas, Ludwig Monk e Charles Langer. Eles queriam tornar a célula a combustível uma invenção prática, mas não tiveram muito êxito.

A célula a combustível só começou a ganhar vida no final dos anos 30, quando o inglês Francis Bacon desenvolveu células a combustível de eletrólito alcalino. Em 1959, ele demonstrou um sistema de célula a combustível de 5kW para fazer funcionar uma máquina de solda. No entanto somente com a Agência Espacial dos EUA, a NASA, a célula a combustível começou a decolar. E ela foi para o espaço nos projetos Gemini e Apollo. Tudo que a NASA precisava era de um bom equipamento que gerasse energia com eficiência, e que utilizasse um combustível leve e com grande densidade de energia – o hidrogênio.

Hidrogênio

O hidrogênio é o mais simples e mais comum elemento do universo. Ele compõe 75% de sua massa, e 90% de suas moléculas. Possui a maior quantidade de energia por unidade de massa que qualquer outro combustível conhecido - 52.000 British Thermal Units (BTU) - Unidades Térmicas Britânicas - por libra (ou 120,7 kilojoules por grama), cerca de três vezes mais calor por libra que o petróleo estando em seu estado líquido. Quando resfriado ao estado líquido, o hidrogênio de baixo peso molecular ocupa um espaço equivalente a 1/700 daquele que ocuparia no estado gasoso, sendo possível então o seu armazenamento e transporte.

No seu estado natural e sob condições normais, o hidrogênio é um gás incolor, inodoro e insípido. É um condutor de energia, uma forma de energia secundária que deve ser processada como veremos adiante, como a eletricidade.

O hidrogênio é uma molécula com grande capacidade de armazenar energia e por este motivo sua utilização como fonte renovável de energia elétrica e também térmica vem sendo amplamente pesquisada. Se for produzido a partir de fontes renováveis (etanol e água) e tecnologias renováveis, como a energia solar, eólica e hidráulica, o hidrogênio torna-se um combustível renovável e ecologicamente correto.

É um elemento químico largamente encontrado na água, no ar, nos seres vivos, no petróleo e, para ter um aproveitamento como fonte de energia eficiente, deve estar na forma pura - gasosa ou líquida. Apresenta uma inflamabilidade elevada, mas não é maior que a do gás natural, uma fonte energética que está em expansão no Brasil e deverá ser uma das principais fontes de hidrogênio, pois na sua estrutura de hidrocarboneto, é encontrado o metano (CH₄).

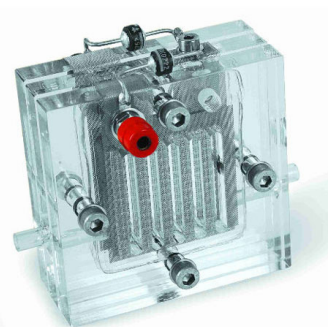
O hidrogênio molecular (H₂) existe como dois átomos ligados pelo compartilhamento de elétrons - ligação covalente. Cada átomo é composto por um próton e um elétron. Como o hidrogênio tem densidade de 1/14 em relação ao ar, alguns cientistas acreditam que este elemento é a fonte de todos os demais, por processos de fusão nuclear.

Quando queimado com oxigênio puro, os únicos produtos são calor e água. Quando queimado com ar, constituído por cerca de 68% de nitrogênio, alguns óxidos de nitrogênio (NOX) são formados. Ainda assim, a queima de hidrogênio produz menos poluentes atmosféricos que os combustíveis fósseis.

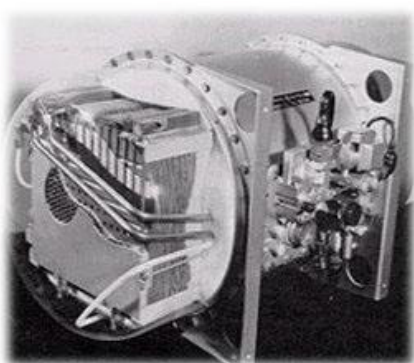
Num sistema de célula a combustível, a utilização do hidrogênio puro traz vantagens como não necessitar de reformadores (equipamento utilizado para extrair o hidrogênio de uma fonte deste combustível, tal como o gás natural), diminuindo o tamanho e custo do sistema, além de não contaminar as membranas e eletrodos que são sensíveis a alguns compostos.

Fotografias:

Alguns tipos de células



Aplicações em Notebooks

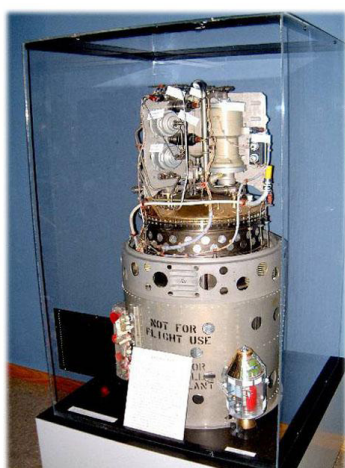


Detalhe da célula PEM da nave espacial Gemini 7.

Descrição: Célula a combustível PEM aberta. Produzia 1kW eletricidade, além da água para os astronautas beberem.

Fonte: Science Service Historical Image Collection.

Direitos Autorais: Science Service Historical Image Collection.



Célula a combustível da nave espacial Apollo exibida no museu espacial de Alamogordo.

Descrição: Célula a combustível alcalina (AFC) exposta no Museu Espacial de Alamogordo, EUA. A célula foi montada pela Pratt & Whitney no ano de 1964. Foi utilizada na missão Lunar da Apollo.

Fonte: Science Service Historical Image Collection.

Direitos Autorais: Science Service Historical Image Collection.



Célula a combustível do FCX V3 da Honda

Principais Fontes de Hidrogênio

1. Gás Natural

O gás natural é uma fonte de energia rica em hidrogênio, com a relação de um átomo de carbono para quatro átomos de hidrogênio. É um dos combustíveis fósseis mais utilizados no mundo, com sua participação na matriz energética mundial de aproximadamente de 23%, atrás apenas do petróleo que está com 40%.

Dentre os principais combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão, o gás natural é o menos poluente.

Hoje, aproximadamente a metade da produção de hidrogênio no mundo provém do gás natural, e a maior parte da produção em escala industrial é pelo processo de reforma a vapor, ou como um subproduto do refino de petróleo e produção de compostos químicos.

Para ser utilizado numa célula a combustível, o gás natural passa pelo processo de reforma para se obter o hidrogênio. A reforma a vapor do gás natural utiliza energia térmica – calor - para separar os átomos de hidrogênio do átomo de carbono no metano (CH_4), e envolve a reação do gás natural com vapor d'água a alta temperatura em superfícies catalíticas – platina ou níquel. O processo extrai os átomos de hidrogênio, deixando o dióxido de carbono como subproduto.

Este processo realiza-se em duas fases:

Fase 1: A reação decompõe o combustível em água e monóxido de carbono (CO).

Fase 2: Uma reação posterior transforma o monóxido de carbono e a água em dióxido de carbono e hidrogênio. Estas reações ocorrem sob temperaturas de 200°C ou maiores. Em células a combustível de óxido sólido (SOFC) ou carbonato fundido (MCFC), a reforma a vapor ocorre internamente devido à alta temperatura – entre 600°C e 1000°C . O catalisador a esta temperatura pode ser o níquel, mais barato que a platina, pois nesta temperatura as reações de catálise ocorrem mais facilmente dispensando um catalisador de altíssima taxa de reações e caro como a platina.

Do ponto de vista ambiental este sistema de produção de hidrogênio não é considerado sustentável, devido às emissões de CO_2 , que contribui para o efeito de estufa.

A reforma a gás natural tem se mostrado o meio de menor custo para produzir o hidrogênio comercial, mas como pode ser observado acima, o gás natural é um hidrocarboneto, e emite CO_2

no processo de conversão. Entretanto, se o pico global da produção de gás natural ocorrer por volta de 2020, como predizem alguns geólogos, será necessário descobrir outros métodos de produzir hidrogênio ou utilizar um combustível renovável como o etanol – álcool da cana-de-açúcar, e esta deverá ser a principal aposta brasileira.

2. Etanol

O etanol é hoje uma das principais fontes de energia no Brasil. É uma fonte de energia renovável, pouco poluente, e se aplicado em células a combustível, possibilita uma eficiência energética melhor que a utilizada hoje e com praticamente nenhuma emissão de poluentes.

Além disso, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, e também o maior produtor de açúcar e etanol (álcool). Movimenta anualmente cerca de 12 bilhões de dólares e emprega diretamente aproximadamente um milhão de trabalhadores, e indiretamente cerca 3,5 milhões, com a maior parte das unidades produtoras e de mercado de trabalho localizadas nos Estados de São Paulo e do Paraná.

No ano de 2003, a produção de álcool chegou a 14,4 bilhões de litros em todo o país, com o Centro-Sul responsável por 12,9 bilhões de litros desse total. É um volume 16,72% acima dos 11,014 bilhões de litros produzidos na safra 02/03. Isto se deve às novas variedades de matéria-prima, às condições climáticas favoráveis e à melhoria da eficiência industrial das unidades produtoras.

O etanol é produzido a partir de amido de milho, da cana-de-açúcar, da beterraba e de outras matérias-primas, e tem sido usado por décadas como combustível para transporte em várias partes do mundo. Apresenta energia densa e líquida que pode ser estocada compactamente, contém 35% de oxigênio, e possui uma combustão limpa. Pode ser produzido no país, o que diminui a necessidade do óleo importado e dos derivados de petróleo, contribui para a segurança energética dos países e fornece suporte econômico e mercados alternativos para as safras da matéria-prima utilizada.

Quando o etanol substitui o petróleo, os benefícios ambientais incluem menores emissões de CO₂. E ao contrário de outros combustíveis oxigenados, o etanol não é nocivo ao meio ambiente no caso de ocorrerem derramamentos ou vazamentos. Por possuir estes atributos, o etanol possui um futuro forte como combustível alternativo ou como combustível adicional para mecanismos de combustão interna. A demanda por etanol é crescente e a indústria do etanol responde com progressos, como uma tecnologia de produção mais eficiente e com uma capacidade de produção maior.

Quando o etanol é usado em uma célula a combustível, pode gerar além de energia, importantes contribuições ambientais, além de abrir novos mercados com a geração distribuída e com aplicações avançadas em sistemas de transporte. Por este motivo, a indústria do etanol está começando a ter um papel mais importante nos mercados futuros.

As células a combustível com etanol usado diretamente são conhecidas como DEFCs – Direct Ethanol Fuel Cells/Etanol Direto. No Brasil, assim como nos EUA, existem estudos procurando viabilizar a utilização do etanol nas CaCs, mas ainda estão em fase de desenvolvimento.

As principais características do Etanol estão abaixo:

- Líquido incolor e volátil, com odor e sabor característicos;
- Pureza expressa em graus Gay Lussac. O álcool vendido comercialmente para fins domésticos tem 96°GL.
- Capacidade de dissolver substâncias orgânicas.
- Composto orgânico saturado.
- Pode ser dissolvido com água em todas as proporções.
- Queima gerando uma chama com desprendimento de calor e nenhuma fuligem.
- Fórmula Molecular: CH_2OH_5
- Peso Molecular: 46
- Densidade API: 47,1
- Massa Específica: $789,1 \text{ kg/m}^3$
- Temperatura de fusão (a 101,35 kPa): $-117,22^\circ \text{C}$
- Temperatura de ebulição (a 101,35 kPa): $77,78^\circ \text{C}$
- Calor latente: $921096,00 \text{ J/kg}$
- Valores Caloríficos: $26990,90 \text{ J/kg}$ (mais baixo) a $29,28 \text{ J/kg}$ (mais alto)
- Razão ar-combustível: 9,0 : 1
- Octanagem (Método motor ASTM): 99
- Índice de Cetano: 10

3. Metanol

O metanol é um líquido incolor, com peso molecular igual a 32,04, possuindo um odor suave na temperatura ambiente. Sua fórmula molecular é CH_3OH . Atualmente, o metanol é uma das matérias-primas mais consumidas na indústria química. Já foi conhecido como álcool da madeira, devido a sua obtenção comercial a partir da destilação destrutiva da madeira.

A maior utilização do metanol atualmente está na produção de formaldeído, metil-terc-butil-éter (MTBE) – aditivo para a gasolina e que está sendo banido aos poucos nos EUA – e como combustível puro ou em mistura com gasolina para automóveis leves.

A tecnologia conhecida como metanol direto (DMFC) é uma variação da tecnologia PEMFC no qual faz uso do metanol diretamente sem a necessidade de reforma do combustível para se ter o hidrogênio puro. O metanol é convertido em dióxido de carbono e hidrogênio no ânodo. O hidrogênio se quebra em prótons e elétrons. Os prótons atravessam a membrana até reagir com o oxigênio para formar água, seguindo o mesmo padrão de reação numa típica célula a combustível PEMFC.

A maioria das CaCs são alimentadas por hidrogênio, o qual pode ser adicionado diretamente ou ser extraído a partir de um combustível no próprio sistema CaC através da reforma de uma fonte de hidrogênio tal como o metanol, o etanol, e hidrocarbonetos, como o gás natural e gasolina. As células a combustível de Metanol Direto (DMFC), entretanto, são alimentadas por metanol, o qual é misturado ao vapor e então ao ânodo (eletrodo negativo) da célula a combustível.

As células a combustível DMFC não tem muitos dos problemas de armazenamento típicos de outras tecnologias, pois o metanol tem uma densidade de potência maior que a do hidrogênio – embora menor que a da gasolina ou diesel. O metanol também é mais fácil de transportar e fornecer para o mercado, pois pode utilizar a corrente infra-estrutura por ser um combustível líquido, como a gasolina.

Estas células operam na temperatura de 120-130°C, o qual é um pouco maior que a temperatura padrão de uma PEMFC (80°C), e atinge uma eficiência de aproximadamente 40%. A desvantagem é que a baixa temperatura de conversão do metanol para hidrogênio e dióxido de carbono precisa de uma quantidade maior de platina como catalisador do que na PEMFC convencional, o que aumenta o custo da célula a combustível. O aumento no custo é, entretanto, compensado pela praticidade de utilizar um combustível líquido e de não necessitar de um reformador. A tecnologia existente nas DMFCs ainda está em início de desenvolvimento mas já têm demonstrado sucesso em aplicações em telefones celulares e laptops, mercados potenciais para esta tecnologia.

As principais propriedades físicas do Metanol estão abaixo:

- **Densidade** (20/4 °C) máx: 0,7932
- **Ponto inicial de ebulição** 760mm Hg, °C: 64,4+ - 0,1
- **Faixa de destilação** 760mm Hg, °C máx: 1,0 incluindo, 64,4+ - 0,1
- **Limite de inflamabilidade inferior** % vol 6,7
- **Limite de inflamabilidade superior** % vol: 36,5
- **Calor de combustão** cal/g, gas., 25 °C: 5683
- **Calor de combustão** cal/g, liq., 25 °C: 5420
- **Calor de fusão** cal/g: 0,76
- **Calor de vaporização** cal/g (ponto normal de ebulição): 262,8
- **Ponto de congelamento** °C: -97,8
- **Índice de refração** n₂₀: 1,32863
- **Calor específico do líquido** cal/g/°C a 20°C: 0,599
- **Pressão crítica** Atm: 78,7
- **Temperatura crítica** °C: 240,0
- **Temperatura de auto-ignição** °C: 470
- **Coefficiente de expansão cúbica** por °C a 55°C: 1,24 x 10³
- **Constante dielétrica** mhos, 25°C: 32,63
- **Pressão de Vapor** mm Hg, 20°C: 96,0
- **Solubilidade em água, álcool ou éter completa**

4. Água

A água deverá ser uma das principais fontes de hidrogênio no futuro. Companhias de energia no Brasil estão começando a pesquisar a viabilidade econômica de se produzir hidrogênio a partir da água utilizando os reservatórios das grandes usinas hidrelétricas brasileiras. A idéia é produzir durante a madrugada, período em que a demanda por energia é baixa e de menor custo.

Para extrair o hidrogênio da molécula de água (H₂O), utiliza-se o método por eletrólise. A eletrólise faz uso da eletricidade para romper a água em átomos de hidrogênio e oxigênio, passando por ela uma corrente elétrica. Este processo existe há mais de 100 anos. Seu funcionamento consiste de dois eletrodos, um negativo (ânodo) e outro positivo (cátodo) que são submersos em água pura, à qual se deu maior condutibilidade pela aplicação de um eletrólito, tal como um sal, melhorando a eficiência do processo.

As cargas elétricas da corrente quebram as ligações químicas entre os átomos de hidrogênio e o de oxigênio e separa os componentes atômicos, criando partículas carregadas (íons). Os íons se formam em dois pólos: o anodo, polarizado positivamente, e o catodo, polarizado negativamente.

O hidrogênio se concentra no cátodo e o anodo atrai o oxigênio. Uma tensão de 1,24V é necessária para separar os átomos de oxigênio e de hidrogênio em água pura a uma temperatura de 25°C e uma pressão de 1,03Kg/cm². A tensão necessária para quebrar a molécula de água varia conforme a pressão ou a temperatura são alteradas. Visualmente, o hidrogênio borbulha em direção ao eletrodo de carga negativa (anodo), e o oxigênio rumo ao eletrodo de carga positiva (cátodo). A menor quantidade de eletricidade necessária pra eletrolisar um mol de água é de 65,3 Watts-hora (25°C). A produção de um metro cúbico de hidrogênio requer 0,14 kilowatts-hora (kWh) de energia elétrica (ou 4,8kWh por metro cúbico).

A eletrólise não tem sido muito utilizada porque os custos da eletricidade usada no processo impedem que ela concorra com o processo de reforma a vapor do gás natural e futuramente com o de etanol. A eletricidade pode custar de três a quatro vezes mais que o gás natural reformado a vapor. À medida que o gás natural for ficando mais escasso e caro, provavelmente a eletrólise ficará competitiva. No Brasil, pode-se aproveitar os reservatórios das hidroelétricas e produzir hidrogênio nos horários fora de pico e mais baratos, como durante a madrugada. Se os custos das células fotovoltaicas, de geração eólica, hídrica e geotérmica, todas estas formas de energia renováveis e livres de carbono, diminuïrem, a eletrólise através destes métodos será uma opção também atrativa.

5. Biomassa

A biomassa oferece as melhores perspectivas entre todas as fontes de energia renováveis e como fonte de hidrogênio, seja produzindo álcool (etanol), metanol ou metano (CH₄). A cana-de-açúcar, o milho, as florestas cultivadas, soja, dendê, girassol, colza, mandioca, palha de arroz, lascas ou serragem de madeira, dejetos de criação animal, são bons exemplos de biomassa. Seu valor energético é alto, pois uma tonelada de matéria seca gera 19 GJ. Um hectare de cana-de-açúcar produz 980 GJ e a mesma área reflorestada gera 400 GJ.

6. Metano de Estação de Tratamento de Água e Esgoto

O metano (CH₄) é um componente do “biogás”, produzido por bactérias anaeróbias. Estas bactérias são encontradas em grande quantidade no meio ambiente. Elas quebram, ou digerem, matéria orgânica na ausência de oxigênio e produzem o “biogás” como resíduo metabólico. Exemplos de fontes de biogás incluem os aterros sanitários, o esterco de gado ou porcos e as estações de tratamento de águas e esgotos. O metano também é o principal componente do gás natural produzido por bactérias anaeróbias há milhões de anos atrás.

7. Algas e Bactérias

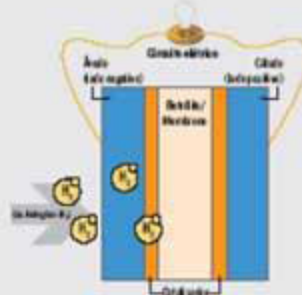
Os processos biológicos e fotobiológicos através de enzimas utilizam algas e bactérias para produzir hidrogênio. Sob condições específicas, os pigmentos em certos tipos de algas absorve energia solar. As enzimas na célula de energia agem como catalisadores para decompor as moléculas de água. Algumas bactérias também são capazes de produzir hidrogênio, mas diferentemente das algas necessitam de substratos para seu crescimento. Os organismos não apenas produzem hidrogênio, mas também podem limpar poluição ambiental.

Sabe-se de longa data que as algas produzem pequenas quantidades de hidrogênio, mas até recentemente os cientistas não haviam encontrado um método factível para aumentar esta produção. Cientistas da Universidade da Califórnia, Berkeley, e o Laboratório Nacional de Energia Renovável encontraram uma solução. Após permitir que a cultura de algas crescesse sob condições normais, os pesquisadores privaram-nas de enxofre e oxigênio. Após muitos dias gerando hidrogênio, a cultura de algas foi colocada novamente sob condições normais por alguns poucos dias, permitindo assim que armazenassem mais energia. O processo pode ser repetido várias vezes. A produção de hidrogênio por algas pode eventualmente promover um meio prático e de baixo custo para a conversão de luz solar em hidrogênio.

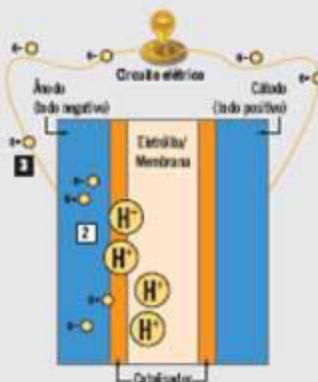
8. Gasolina e Diesel

A gasolina e o diesel também podem ser utilizados para produzir hidrogênio para as células a combustível, mas são mais inconvenientes por terem uma estrutura com diversas moléculas. A única vantagem seria o aproveitamento da sua infra-estrutura estabelecida em postos servindo como transição para o modelo de postos a hidrogênio no futuro. Mas a tendência deverá ser o aproveitamento da infra-estrutura estabelecida pelo álcool (etanol)

1. De um lado da célula a combustível, o gás hidrogênio (H_2) pressurizado é bombeado para o terminal negativo do eletrodo, o ânodo. O gás é forçado a passar por canais de fluxo até atingir o catalisador.



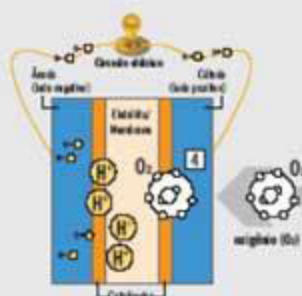
2. Quando a molécula de hidrogênio entra em contato com o catalisador, ela se separa em dois íons de hidrogênio (H^+) e dois elétrons (e^-).
3. Os elétrons (e^-) são conduzidos através do eletrodo até atingirem o circuito externo, onde temos um fluxo de elétrons – a corrente elétrica – no sentido do eletrodo positivo, o cátodo. A corrente elétrica que flui pelo circuito externo pode ser aproveitada para acender uma lâmpada ou um motor elétrico. Os gases de hidrogênio (H_2) que não foram quebrados pelos catalisadores não passam através do eletrólito, mas são realimentados até serem quebrados.



Reação Química

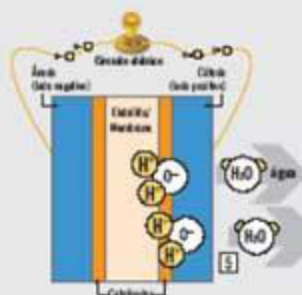
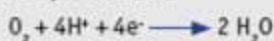


4. Do outro lado da célula a combustível, o gás oxigênio (O_2), ou ar, é bombeado para o terminal positivo do eletrodo, o cátodo. O gás é forçado a passar por canais de fluxo até atingir o catalisador.



5. Uma vez no catalisador, a molécula de oxigênio combina-se com os íons H^+ que atravessaram o eletrólito e com os elétrons, para formar a molécula de água (H_2O). Nesta reação, uma certa quantidade de calor é liberada (vapor de água).

Reação Química



Funcionamento Básico

3. Linhas de Transmissão

3.1 Tensões de Transmissão – Padronização

Terminologia

Tensão Nominal – é a tensão fase-fase eficaz na qual o sistema é projetado.

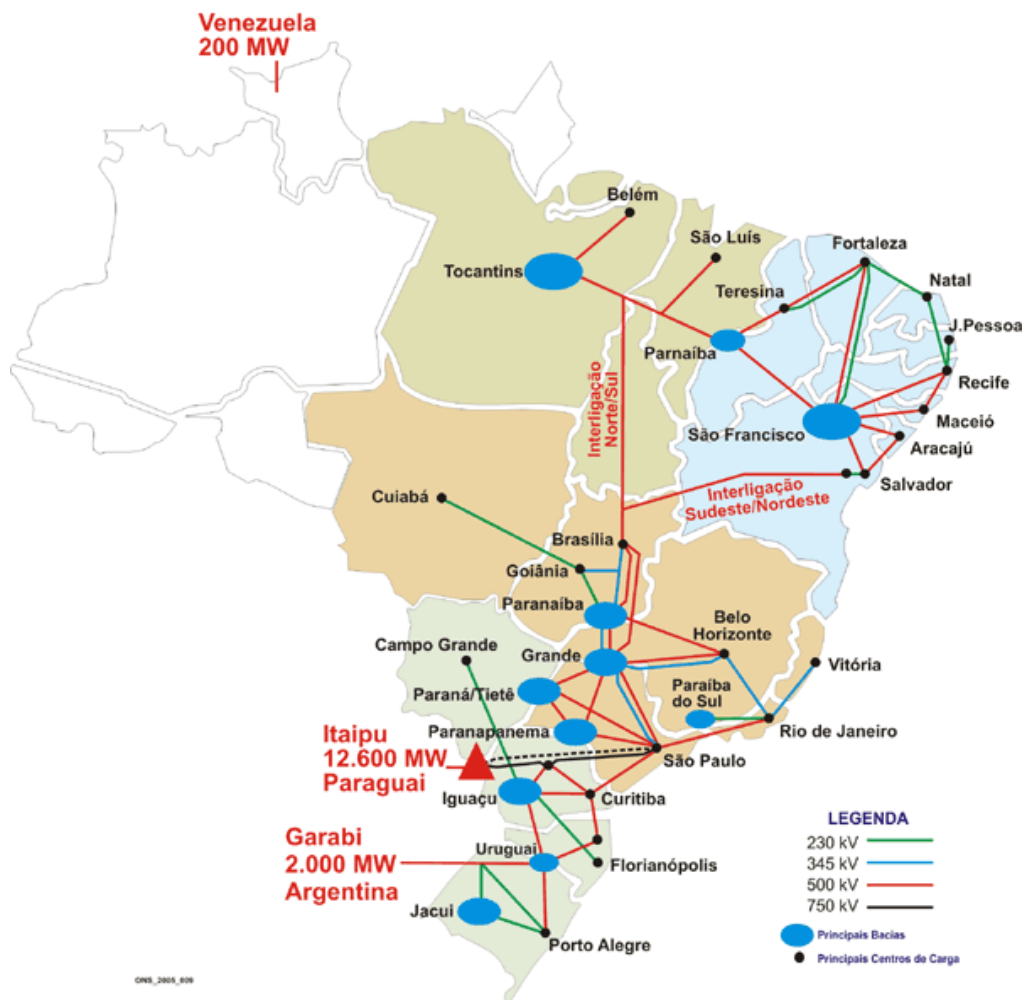
Tensão Máxima de Operação do Sistema – é a tensão mais alta fase-fase eficaz que é esperada em condições normais de operação em qualquer instante e em qualquer parte do sistema.

Alta Tensão – é a designação para tensões de transmissão abaixo de 230 Kv.

Extra Alta Tensão – entre 230 Kv e 600 Kv.

Ultra Alta Tensão – acima de 600 Kv.

Vnom (Kv)	Vmáx (Kv)
13,8	15
23	25,8
34,5	38
44	48,3
69	72,5
88	92,4
138	145
230	242
345	362
440	460
500	550
750	800



Principais Usinas em Operação (Capacidade Instalada ≥ 30 MW)



ONS_2004_0002_atual_Mar

3.2 Materiais Utilizados

3.2.1 Cabos Condutores

Considerações de Projeto

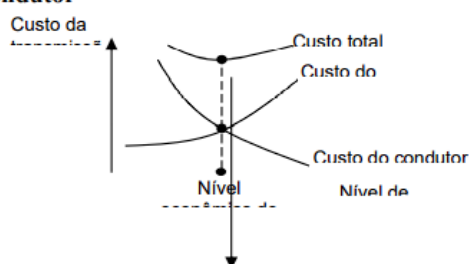
a) Tensão ótima de transmissão a longa distância

Perdas $\left\{ \begin{array}{l} \text{Joule} \\ \text{Corona} \end{array} \right.$

$$P = R \cdot I^2 = \rho \cdot l \cdot \frac{I^2}{S} \quad I = \quad P = K \cdot l \cdot I$$

$$P = K \cdot l \cdot \frac{W}{V} = \quad \frac{P}{W} = k \cdot \frac{l}{V}$$

Condutor



b) Adaptação do Projeto ao Meio Ambiente

- Geração de ozônio devido o efeito corona
- Emissão de ruído audível
- Interferência em sinais R.F.
- Tensões eletrostáticas induzidas

c) Seleção do condutor

d) Critérios elétricos – isolamento mínimo fase / terra, etc.

e) Outras considerações – Pára-raios

Características físicas das linhas aéreas de transmissão

Cabos condutores: condutores ideais para linhas aéreas de transmissão seriam aqueles que possam apresentar as características abaixo:

- a) Alta condutibilidade elétrica: perdas por efeito joule ($R \cdot I^2$), possam ser mantidas economicamente, dentro de limites toleráveis. Oneram diretamente o custo do transporte de energia.
- b) Baixo custo: é uma parcela ponderável do investimento total (custo dos cabos), influenciando de maneira decisiva no custo de transporte de energia.
- c) Boa resistência mecânica: assegurar integridade mecânica à linha, garantindo continuidade de serviço e segurança às propriedades e às vidas.
- d) Baixo peso específico: as estruturas de suporte são dimensionadas para absorver os esforços mecânicos transmitidos pelos condutores, um dos quais, o seu próprio peso. Portanto quanto maior for este, mais robustos e caras serão as estruturas.
- e) Alta resistência à oxidação e a corrosão por agentes químicos: para que não sofram redução da seção ao longo do tempo, provocando redução na sua resistência mecânica e eventual ruptura.

Características	Alumínio T. dura	Cobre T. dura
Condutividade à 20°C	61% IACS	97% IACS

IACS – International Annealed Standart

100% correspondem á condutibilidade – padrão internacional - medida à 20°C, em cobre quimicamente puro.

Como ligas de cobre, eram muito empregados bronze I e bronze II, com 15% e 30% de zinco, respectivamente, dando maior resistência mecânica ao cobre. Em região de atmosfera poluída e a beira-mar, pode ser desaconselhável o emprego de cabos de alumínio, sujeitos à corrosão.

Nesse caso é aconselhável o emprego de uma das ligas ALDREY (Al, Mg, Si e Fe), o que aumenta as resistências químicas e mecânica, em detrimento da resistência elétrica, cujo valor aumenta consideravelmente.

Custo Al / Custo Cu = 25%

A resistência mecânica inferior é compensada com cabos de alumínio com alma de aço.

Condutores Padronizados

O encordoamento normal dos cabos condutores, quando compostos de fios de mesmos diâmetros, obedece à seguinte lei de formação:

$$N = 3x^2 + 3x + 1$$

Onde:

N = número total de fios componentes

X = número de camadas ou coroas

Logo:

Para 1 camada – 7 fios

Para 2 camadas – 19 fios

Para 3 camadas – 37 fios

Para 4 camadas – 61 fios , etc.

Padronização brasileira

As normas brasileiras elaboradas pela ABNT especificam as características exigíveis na fabricação e para o recebimento dos condutores destinados a fins elétricos.

a) Condutores de cobre – aplica-se à EB-12 – cabos nus de cobre

- Seção em milímetros quadrados.
- Composição, ou números de filamentos
- Classe de encordoamento

Normas ABNT – EB-11 e EB-12 – regulam as características que os cabos e fios nus devem possuir:

- a. Qualidade do material, suas características elétricas e físicas
- b. Acabamento
- c. Encordoamento, passo do encordoamento
- d. Emendas
- e. Variação do peso e da resistência elétrica
- f. Dimensões, construção e formação
- g. Tolerâncias no comprimento dos cabos
- h. Embalagem e marcação desta
- i. Propriedades mecânicas e elétricas
- j. Ensaio de aceitação
- k. Responsabilidades dos fabricantes

b) Condutores de alumínio e alumínio-aço

Normas ABNT:

EB 219 – fios de alumínio para fins elétricos

EB 292 – fios de aço zincado para alma do cabo de alumínio

EB 193 – cabos de alumínio (CA) e cabos de alumínio com alma de aço (CAA) para fins elétricos.

Sua designação deve ser feita pela área nominal da seção do alumínio, expressa em mm^2 , pela formação, pelo tipo (CA ou CAA), pela classe de encordoamento correspondente, e eventualmente, pela referência comercial.

De acordo com esse código canadense de referência comercial, há para cada tipo de cabo uma família de nomes através dos quais cada bitola fica completamente definida assim:

Para Cabos CA – nomes de flores

Para Cabos CAA – nomes de aves, ambos na língua inglesa

Exemplo:

Código – Tulip – Cabo CA alumínio, composto de 19 filamentos.

Diâmetro dos filamentos = 3381 μm

Diâmetro do cabo (nominal) = 16,92 mm

Peso do cabo (nominal) = 467,3 Kg / Km

Carga ruptura = 2995 Kg

Resistência elétrica em CC à 20°C = 0,168 Ω / Km

Código – Penguin – Cabo CAA, composição 1 fio aço e 6 de Al c/ seção de 125,1 mm^2

Bitola AWG nº 0000

Diâmetro do fio de aço = 4,77 mm

Diâmetro do fio de alumínio = 4,77 mm

Diâmetro do cabo (nominal) = 14,31 mm

Peso do cabo (nominal) = 432,5 Kg / Km

Carga de ruptura = 3820 Kg

Resistência elétrica em CC À 20°C = 0,26719 Ω / Km

c) Condutores em liga de alumínio

O alumínio, em liga metálica com outros materiais, aumenta consideravelmente sua resistência mecânica, porém aumenta também sua resistência elétrica. Essas ligas podem aumentar consideravelmente sua resistência à oxidação e corrosão em regiões de atmosfera poluída ou à beira-mar. Essas ligas têm diversos nomes de acordo com suas composições. Na Europa o ALDREY é

muito utilizado. Nos EUA e Canadá temos dois tipos de condutores em ligas de Alumínio:

- **Tipo AAC** – cabos homogêneos compostos de fios iguais em ligas de alumínio de diversas composições.
- **Tipo ACAR** – idênticos ao cabo CAA, exceto pela alma, que nesse caso será composta de liga de alumínio, ao invés de aço. Estes condutores são fabricados no Brasil.

d) **Condutores Copperweld e Alumoweld**

Seus filamentos são obtidos pela extrusão de uma capa de cobre ou de alumínio sobre um fio de aço de alta resistência. Seu emprego em linhas de transmissão como cabos condutores é limitado a situações especiais em que são necessárias pequenas seções de materiais condutores aliados a elevadas resistências mecânicas.

Como cabos pára-raios tem largo emprego e em linhas de telecomunicações e mesmo como condutor neutro em sistemas de distribuição, urbanos e rurais.

e) **Condutores Tubulares e expandidos**

A fim de reduzir os gradientes de potencial nas superfícies dos condutores e com isso aumentar o valor da tensão crítica de corona dos cabos, introduziram-se diversos tipos de condutores designados como expandidos empregando materiais diversos.

A figura abaixo mostra um cabo CAA expandido e alguns exemplos de condutores de cobre ou bronze tubulares. O condutor CAA expandido tem um diâmetro externo cerca de 15% maior que um condutor de mesmas características elétricas.

a) Condutores Expandidos



b) Condutores Ocos

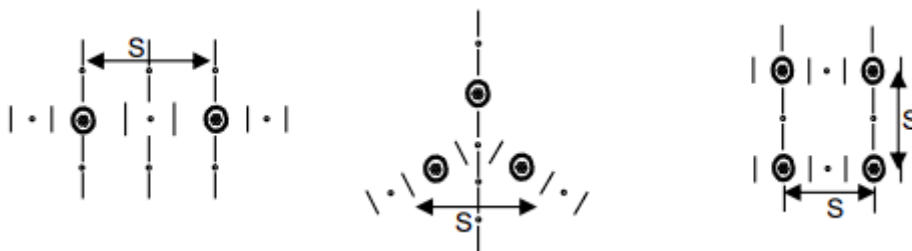


c) Condutores CAA Expandidos



f) **Condutores Múltiplos**

Condutores múltiplos ou enfeixados propostos em 1909 por Thomas, tiveram seu emprego aplicado no início da década de 1930. Devido às primeiras linhas de tensão extra-elevadas, sendo que na Europa sua aceitação foi mais imediata do que na América, o que é evidenciado pelo fato de que as primeiras linhas de 345 Kv, que entraram em serviço em 1956. O desenvolvimento das novas técnicas de construção, a melhoria das ferragens e a confiança adquirida na operação das primeiras linhas fizeram com que o seu uso se generalizasse



3.2.2 Isoladores e Ferramentas

Os cabos são suportados pelas estruturas através dos isoladores, que como seu próprio nome indica, mantém isolados eletricamente das mesmas. Devem resistir tanto as solicitações mecânicas como as elétricas.

Os isoladores são submetidos às solicitações mecânicas que lhe são transmitidos pelos cabos condutores. São de 3 tipos:

- a) Forças verticais – devido ao próprio peso dos condutores (nos países de clima frio, este peso é acrescido do peso da capa de gelo que pode se formar em torno dos mesmos).
- b) Forças horizontais axiais – no sentido dos eixos longitudinais das linhas necessárias, para que os condutores se mantenham suspensos sobre o solo.
- c) Forças horizontais transversais – em sentido ortogonal aos eixos longitudinais das linhas, devidas a ação da pressão do vento sobre os próprios cabos.

Esses esforços são transmitidos pelos isoladores às estruturas, que devem absorvê-los. As solicitações de natureza elétrica a que um isolador deve resistir são as tensões mais elevadas que podem ocorrer nas linhas, e que são:

- a) Tensão normal e sobretensões em frequência industrial;
- b) Surtos de sobretensão de manobra que são de curta duração, podendo no entanto, atingir de 3 a 5 vezes a tensão normal entre fase e terra.
- c) Sobretensões de origem atmosférica, cujas intensidades podem ser muito elevadas e variadas.

Um isolador eficiente deve ainda ser capaz de fazer o máximo uso do poder isolante do ar que o envolve a fim de assegurar isolamento adequado. A falha de um isolador pode ocorrer tanto no interior do material (perfuração) ou pelo ar que envolve (descarga externa).

Seu desenho deve ser de forma a assegurar uma distribuição balanceada de potenciais e, conseqüentemente, dos gradientes de ar, com o objetivo de assegurar tensões de descarga adequada. Além desses requisitos deve ainda satisfazer a outro não menos importante, que é o da não produção, mesmo após longos períodos de operação, da indesejável radiointerferência.

Esta, em geral, é causada nos isoladores por minúsculos pontos de ruptura elétrica para o ar: corona. Produzem correntes de altas frequências que irradiam energia de maneira semelhante à um rádio transmissor. Exige-se ainda dos isoladores extrema robustez, de modo a poderem resistir ao manuseio, sem sempre delicado, nos armazéns e obras. Devem ser duráveis quando em serviço, reduzindo a um mínimo o número de reposições no decorrer dos anos, e resistir bem aos choques térmicos a que estão submetidos pelas condições meteorológicas locais.

Suas superfícies devem ter acabamento capaz de resistir bem as exposições ao tempo, mesmo em atmosfera de elevado grau de poluição em que haja presença de óxidos de enxofre e outros reagentes.

Para a sua fabricação empregam-se dois tipos de materiais:

- a) Porcelana Vitrificada
- b) Vidro temperado

Encontra-se em fase de introdução isolamentos para linhas executados com resinas sintéticas. A associação de epóxi com fibras de vidro, além de ter poder isolante apresenta excelentes características mecânicas.

A principal vantagem desse tipo de material consiste em permitir a execução de peças estruturais auto-isolantes, e conforme as classes de tensão, eliminar inteiramente os isoladores convencionais, podendo contribuir para a redução das dimensões de estruturas.

a) *Porcelana Vitrificada*

Deve ser de boa qualidade, baixa porosidade, isenta de bolhas de ar e impureza, além de apresentar alta resistência mecânica e ao impacto. Sua resistência dielétrica, deve ser da ordem de 6 a 6,5 Kv/mm. Sua superfície deve ser vitrificada cuidadosamente a fim de vedar os seus poros, impedindo a absorção de água e evitando a redução de sua resistência dielétrica. A vitrificação deve ser resistente a altas temperaturas, devendo resistir ao calor oriundo de eventuais arcos elétricos sem se danificar. A grande dificuldade da eletrocerâmica consiste na obtenção de peças espessas e de grandes dimensões capazes de satisfazer a essas exigências.

b) *Vidro temperado*

Possui uma resistência dielétrica da ordem de 14 Kv/mm e resistência mecânica equivalente a da porcelana, podendo inclusive ser fabricadas peças mais espessas. Seu custo é inferior ao da porcelana, porém é mais sujeito a danos por atos de vandalismo, pois, devido à sua têmpera, os isoladores não resistem bem aos impactos, mesmo leves, dependendo do local atingido (por exemplo, saias dos isoladores de disco, que são inteiramente esvaçados por pedras atiradas com estilingues).

Com o advento da transmissão nas tensões extras elevadas em CA e CC, condições mais severas de serviço, vêm sendo impostas aos isoladores, devido inclusive, à crescente intensidade da poluição atmosférica, isso tem levado a grandes projetos de pesquisa em todo mundo, visando aprimorar materiais e desenhos dos isoladores, no sentido de assegurar uma crescente melhoria em seus desempenhos. Está se adotando vitrificação semicondutora em isoladores antipoluição.

Tipos de Isoladores

Em linhas de transmissão emprega-se basicamente três tipos de isoladores.

- a) Isoladores de pino
- b) Isoladores tipo pilar
- c) Isoladores de suspensão

a) **Isoladores de Pino** – são fixados à estruturas através de um pino de aço. Para tanto, em sua parte interna possuem um furo rosqueado, com rosca de filete redondo padronizado pela ABNT (MB22), os pinos de aço forjado possuem, em sua parte superior, uma cabeça de chumbo filetada, sobre o qual se atarracha o isolador. São normalmente solicitados à compressão e a flexão.

Monocorpo para 25kV

Somente são empregados em linhas até 69 Kv, e com condutores relativamente leves em virtude da pequena resistência do chumbo da cabeça dos pinos ao esmagamento e também da pequena resistência dos próprios pinos e esforços de flexão. Devido a mencionada dificuldade de se obterem peças maiores e mais espessas, isoladores para tensões nominais maiores que 25 Kv são compostos de diversas peças de espessuras menores, sobrepostos entre si. São isoladores multicorpos. Em vidro temperado é possível obtê-los de uma só peça (isolador monocorpo).

Multicorpo para 69kV

b) **Isoladores tipo pilar** – são menos usados entre nós em L.T. do que os isoladores de pino, podendo ser construídos de uma única peça, também de porcelana, para tensões mais elevadas. Dado o seu sistema de fixação, resistem a esforços mecânicos, bem mais elevados tanto de compressão como flexão. Nos EUA construíram-se linhas com esse tipo de isolador com tensões até 110 Kv.

c) **Isoladores de suspensão** – representam o tipo de isoladores de maior importância para as linhas de transmissão, pois trabalhando a tração, condição muito favorável de solicitação tanto para o vidro como para a porcelana, ajustam-se facilmente às condições de serviço impostas em linhas em tensão extra-elevadas e ultra-elevadas.

Empregam-se basicamente dois tipos de isoladores de suspensão:

1. Isoladores monocorpo ou barra longa

2. Isoladores de disco

- 1. **Isoladores monocorpo**, levam o nome de barra longa - São constituídos de uma única peça de porcelana, cujo comprimento varia de acordo com a nível de isolamento desejado. Para um mesmo nível de isolamento, ele é sempre inferior ao das cadeias de isoladores correspondentes, o que pode resultar em considerável redução nas dimensões das estruturas, são fabricados com comprimentos até 1305mm para tensões até 110 KV em uma só peça, podendo ser conectada duas ou mais em série para tensões maiores.
- 2. **Isoladores de disco** – são referidos na MB-22 da ABNT, simplesmente como isoladores de suspensão por não considerar o tipo anterior. São compostos de um corpo isolante e ferragens de suspensão, através das ferragens, unidades de isoladores são conectados entre si, formando longas cadeias de isoladores. Essas ferragens são idealizadas, de forma a permitir grande flexibilidade, o que abriga os isoladores a trabalharem sob tração, com esforços concentrados em seu eixo, no Brasil, ferragens de suspensão dos isoladores são padronizados pela ABNT (PB – 57) permitindo o câmbio por unidades fornecidas por diversos fabricantes. As ferragens constituem-se de uma haste fixada na parte inferior do isolador, terminada em forma de bola (boleto), ou de lingüeta (olhal), e por uma campânula terminada ou em um garfo ou em uma concha. O tipo de engate bola-concha é quase adotado universalmente em L.T. para cadeias em “V”, às vezes são preferidas os engates garfo-olhal.

As ferragens dos isoladores de suspensão devem ser galvanizadas em banho quente de zinco, sendo a espessura da camada controlada pela NB-22.

Características dos Isoladores de Suspensão

a) Características físicas e mecânicas

Engate concha-bola

- Resistência eletromecânica
- Carga máxima de trabalho
- Resistência ao impacto
- Resistência aos choques térmicos

b) Características elétricas

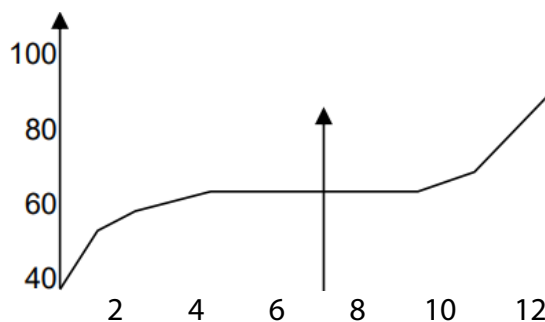
- Tensões disruptivas a seco e sob chuva em frequência industrial
- Tensões disruptiva sob impulso
- Tensão de perfuração
- Tensão de radiointerferência e corona

Essas características devem ser indicadas pelos fabricantes e grandezas ANB 22 e a MB22 da ABNT, regulamentam quais os ensaios e sua forma de realização para verificação das garantias oferecidas.

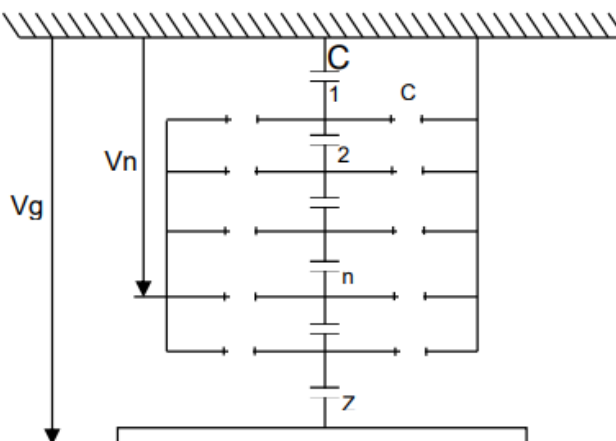
Distribuição de potências em isoladores e cadeias de isoladores

Distribuição de potências ao longo de um único isolador

Tensão do Solo % da tensão



Circuito Equivalente de uma cadeia de Z isoladores



A figura mostra a distribuição de potenciais em uma unidade. Como é de se esperar, os gradientes mais elevados ocorrem próximos aos pinos e a campânula, enquanto que gradientes menores ocorrem ao longo da superfície restante, se considerarmos uma cadeia de isoladores com z elementos, teremos o circuito equivalente acima, onde

V_n (Kv) – tensão a que estão submetidas n unidades a contar do lado aterrado (estrutura)

V_g (Kv) – tensão a que estão submetidos os z elementos.

C (F) – capacitância entre campânula e pino de um isolador.

c (F) – capacitância de uma unidade do solo.

K (f) – capacitância de uma unidade ao condutor.

3.2.3 Ferragens e Acessórios

São representados pelo conjunto de peças que devem suportar os cabos e ligá-los às cadeias de isoladores e estas às estruturas. No conjunto, o seu desenho é de extrema importância, mesmo em detalhes mínimos, pois podem construir-se fontes corona e importantes fontes de radiointerferência, mesmo com tensões relativamente baixas.

Cadeias de suspensão: as cadeias de isoladores devem suportar os condutores e transmitir aos suportes todos os esforços destes. Na parte superior devem possuir uma peça de ligação à estrutura, em geral um gancho ou uma manilha, e na parte inferior, terminam em uma pinça (ou grampo de suspensão) que abraça e fixa o cabo condutor.

- Pinça de suspensão
- Dispositivo antivibrantes
- Armadura antivibrantes
- Festões
- Amortecedores stockbridge
- Grampos de suspensão armados

Cadeias de ancoragem: suportam além dos esforços que devem suportar as cadeias de suspensão também os esforços devidos ao tracionamento dos cabos. Podem ser constituídos de uma simples coluna de isoladores, como também de diversas colunas em paralelo, dependendo da força de tração a que estão sujeitas.

1VgVnC2nZC

O elemento de fixação do cabo condutor é o grampo de tensão ou grampo de ancoragem, que deve ser dimensionado para resistir aos esforços mecânicos a que ficar sujeito, e ao mesmo tempo reter o cabo, sem possibilidade de escorregamento. Em alumínio ou ferro maleável, existem dois tipos básicos:

- **De passagem:** o cabo é retido por pressão, atravessando o grampo sem seccionamento, havendo diversas formas de execução;
- **De compressão:** o cabo é seccionado no ponto de ancoragem e o grampo é aplicado por compressão do material por meio de prensa hidráulica ou alicate prensa de grande capacidade. Para os cabos CAA pode ser constituído de duas peças, uma interna que retém o núcleo de aço e que suporta o esforço mecânico e uma externa de alumínio que possui sapatas terminais para a ligação elétrica da derivação.

3.3 Estruturas das linhas de transmissão

As estruturas constituem os elementos de sustentação dos cabos das L.T's terão tantos pontos de suspensão quanto forem os cabos condutores e cabos pára-raios a serem suportados. Suas dimensões e formas dependem, portanto, de diversos fatores, destacando-se:

- Disposição dos condutores;
- Distância entre condutores;
- Dimensões e formas de isolamentos;
- Flechas dos condutores;
- Altura de segurança;
- Função mecânica;
- Forma de resistir;
- Materiais estruturais;
- Número de circuitos, etc;

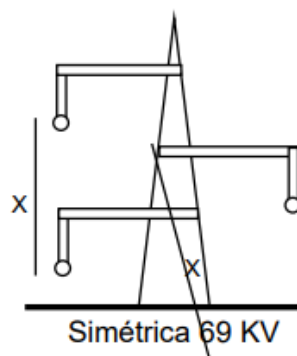
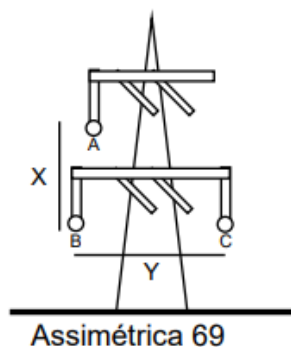
Dá a grande variedade de estruturas em uso.

3.3.1 Disposição dos Condutores

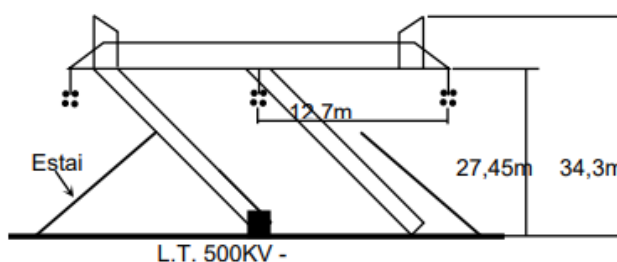
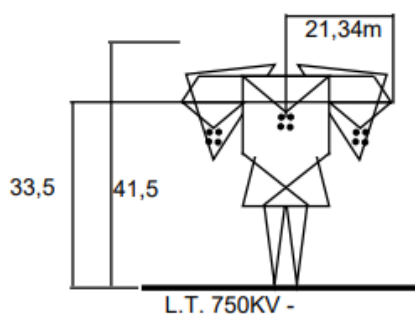
Nas linhas trifásicas empregam-se, fundamentalmente, três disposições de condutores:

- a) Disposição triangular
- b) Disposição horizontal
- c) Disposição vertical

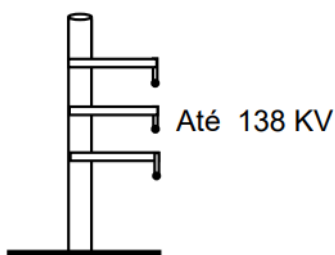
a) **Disposição triangular:** os condutores estão dispostos segundo os vértices de um triângulo, que poderá ser equilátero ou outro qualquer, no primeiro caso desde que a disposição seja eletricamente simétrica, no segundo assimétrica.



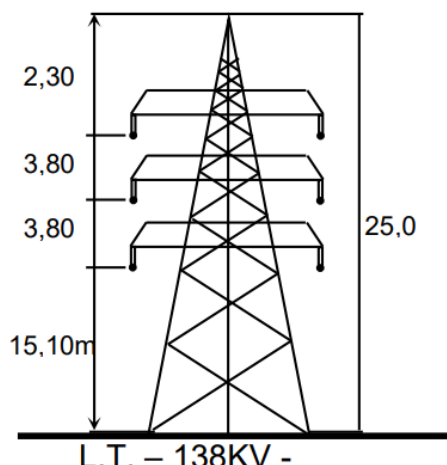
b) **Disposição horizontal:** os condutores são fixados em um mesmo plano horizontal, onde o nome usado às vezes é lençol horizontal. Pode ser simétrica ou assimétrica. Sua principal vantagem reside em permitir, estruturas de menor altura para um mesmo condutor e vão do que as demais disposições, porém estruturas mais largas. É a disposição preferida das linhas a circuitos simples, para tensões elevadas e extra-elevadas.



c) **Disposição vertical:** ou em lençol, é a disposição preferida para linhas a circuito duplo e para linhas que acompanham vias públicas. Nestes os condutores se encontram montados em um plano vertical.



Para as linhas a circuito prefere-se as disposições abaixo:



3.3.2 Dimensões das estruturas

As dimensões principais das estruturas são determinadas principalmente pelos seguintes fatores:

- Tensão nominal de exercício
- Sobreensões previstas

Como fatores secundários:

- Flexão dos condutores
- Forma de sustentação de condutores
- Diâmetro dos condutores

Essas dimensões (distância entre condutores, altura dos seus pontos de suspensão, distância entre as partes aterradas) variam grandemente de país para país, dependendo das normas adotadas. No Brasil, esses elementos são fixados em norma pela ABNT (NB – 182/1972)

3.3.3 Classificação das estruturas das L.T.'s

Há diversos critérios pelos quais podemos classificar as estruturas das L.T.'s, sendo os mais usados:

- Quanto à sua função na linha;
- Quanto à sua forma de resistir
- Quanto ao material empregado em sua fabricação

3.3.3.1 Funções das estruturas nas linhas

Através da norma da ABNT – NB 182 – Projetos de Linhas aéreas de transmissão e subtransmissão de energia elétrica – específico as cargas atuantes, bem como as hipóteses de carga a serem consideradas nos projetos e cálculos do suportes das LT's.

A) Cargas verticais

- Componentes Verticais dos esforços de tração dos cabos (condutores e pára-raios);
- Peso dos acessórios de fixação dos cabos (ferragens e isoladores);
- Peso do próprio suporte e eventuais cargas verticais, devido ao estaiamento;
- Sobrecargas de montagens, manutenção e/ou outras eventuais.

B) Cargas Horizontais transversais

- Ação do vento sobre os cabos e respectivos acessórios de fixação;
- Ação do vento sobre o suporte na direção normal à linha;
- Componentes horizontais transversais dos esforços de tração dos cabos e eventuais esforços horizontais introduzidos pelo estaiamento.

C) Cargas horizontais longitudinais

- Componentes horizontais longitudinais dos esforços de tração dos cabos e eventuais esforços introduzidos pelo estaiamento;
- Ação do vento sobre o suporte, na direção da linha.

As cargas acima relacionadas, que podem ser consideradas como normais, sobrepõem-se ainda cargas anormais, ou excepcionais, às quais, sob certas condições, os condutores devem resistir, são elas as cargas provocadas pelo rompimento de um ou mais cabos.

As estruturas além de sua função geral de suporte dos condutores, possuem também funções subsidiárias, cuja influência é marcante em seu dimensionamento. Essas funções estão relacionadas com o tipo de cargas que devem suportar.

a) Estruturas de Suspensão

b) Estruturas de Ancoragem

- Ancoragem total – também chamadas de estruturas de fim de linha, são dimensionadas para resistir a todas as cargas normais e excepcionais unilateralmente. São portanto as estruturas mais reforçadas das linhas.
- Ancoragem parcial – também chamadas de ancoragem intermediária, servindo normalmente como pontos de tensionamento.

c) Estruturas para ângulos – são dimensionadas para resistir aos esforços normais, inclusive das forças horizontais devidas a presença dos ângulos. Resistem geralmente às cargas excepcionais.

d) Estruturas de derivação – quando se deve fazer uma derivação, sem haver necessidade de interrupção ou seccionamento nesse ponto, a linha é simplesmente derivada de estruturas apropriadas para esse fim.

e) Estruturas de transposição ou rotação de fase

3.3.3.2 Forma de resistir das estruturas

- Solicitação axial vertical;
- Solicitação horizontal transversal;
- Solicitação horizontal longitudinal

A classificação das estruturas em dois grupos, quanto ao seu componente face a essas cargas

- a) Estruturas autoportantes;
- b) Estruturas estaiadas.

a) Estruturas Autoportantes

São estruturas que transmitem todos os esforços diretamente para as suas fundações, comportando-se como vigas engastadas verdadeiras, com elevados momentos fletores junto à linha de solo. Elas podem ser:

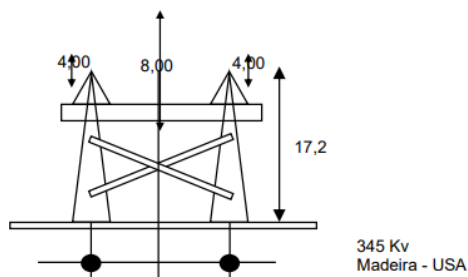
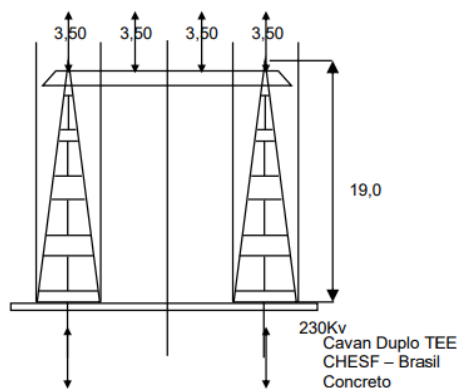
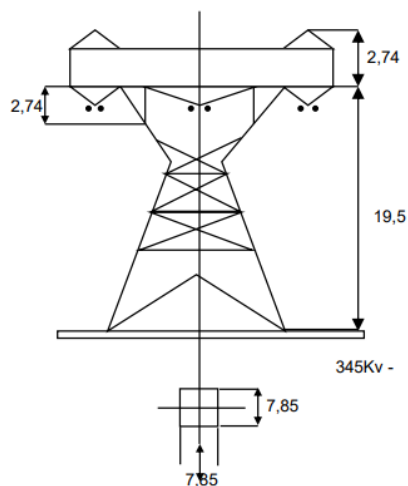
- Rígidas
- Flexíveis
- Mistas ou semi-rígidas
- 1. Estruturas rígidas: são dimensionadas para resistir aos esforços normais e sobrecargas, sem deformações elásticas perceptíveis, e às cargas excepcionais, com deformações elásticas de menor importância. Em seu aspecto geral, são simétricas em ambas as direções (longitudinais e transversais), com dimensões relativamente grandes e construídas em estruturas metálicas treliçadas.
- 2. Estruturas Flexíveis: resistem apenas às cargas normais sem deformações perceptíveis, resistindo às sobrecargas e esforços excepcionais com deformações elásticas consideráveis. São simétricas em ambas as direções e se caracterizam pelo elevado grau de esbelteza; os postes singelos são exemplos típicos desse tipo de estrutura, como também o são os pórticos articulados.
- 3. Estruturas mistas ou semi-rígidas: são rígidas em uma direção e flexíveis em outro. Assim, são estruturas assimétricas, com dimensões maiores na direção em que são rígidas e menores na outra. É o caso dos pórticos contraventados ou rígidos.

b) Estruturas Estaiadas

São normalmente estruturas flexíveis ou mistas que são enrijecidas através de tirantes ou estais. Os tirantes absorvem parte dos esforços horizontais, transmitindo axialmente pela estrutura. Os tirantes em geral são constituídos com cabos de aço galvanizado a fogo, com sete fios e diâmetros nominais variáveis. Os cabos Alumoweld e Copperweld também tem sido bastante empregados.

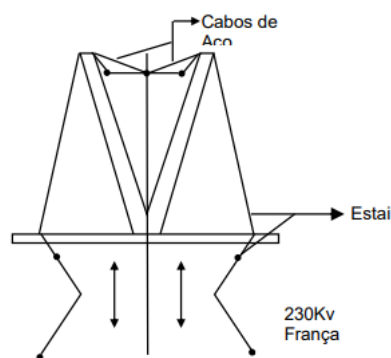
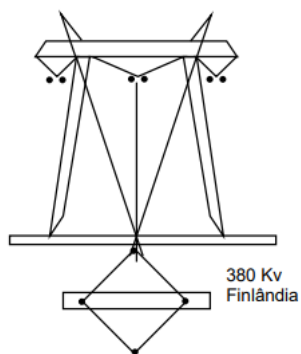
As estruturas estaiadas, até pouco tempo, tinham emprego limitado às linhas com estruturas de madeira ou concreto e tensões até 230Kv. Mais recentemente foram introduzidas estruturas metálicas estaiadas para tensões até 750Kv.

Um caso particular constitui as linhas com estruturas semi-rígidas no sentido transversal que obtém sua estabilidade longitudinal através dos cabos pára-raios, ancorados em cada uma das estruturas de suspensão e terminados nas estruturas de amarração.



Estruturas Autoportantes

a) Rígida; b) Elástica; c) Semi-rígida



3.3.3.3 Materiais para Estrutura

Materiais usuais para fabricação das estruturas das LT's são:

- madeira,
- concreto,
- metais,
- mistas e resinas armadas

a) *Madeira* – deve possuir características especiais, capazes de satisfazer as exigências peculiares do serviço, quais sejam:

- Elevada resistência mecânica à flexão;
- Boa resistência às intempéries;
- Indeforabilidade com o decorrer do tempo;
- Boa resistência ao ataque de microorganismos que levam à sua destruição.

Obs.: madeiras capazes de satisfazer as condições acima: aroeira; óleo vermelho; maçaranduba e candeia.

Para as :

- cruzetas,
- travessas, etc.

Recomenda-se: Ipê; Faveiro; cabreúva; etc.

b) **Concreto Armado** – A evolução no emprego das estruturas de concreto armado se deve principalmente a:

- Maior durabilidade e ausência total de manutenção;
- Melhoria das vias e meios de transporte, bem como do equipamento de manejo e montagem;
- Introdução de aço-carbono, permitiu uma redução considerável nas dimensões da peça, obtendo-se seções pequenas e alta resistência, o que reduziu ainda mais o seu custo.

Sua principal desvantagem está nas dificuldades de transporte no campo, principalmente em terrenos acidentados e de difícil acesso.

São empregados dois tipos de armaduras para as estruturas de concreto:

- Pré-tensionadas;
- Convencional.

c) *Estruturas metálicas* – constituído de aço carbono normais de alta resistência, em perfilados ou tubos. Devem ser protegidos contra oxidação. A zincagem a quente das peças, asseguram ausência de manutenção, por 25 anos ou mais.

O alumínio e suas ligas também tem sido usados como material estrutural para linhas de alta tensão. A redução de peso que se obtém, sem sacrifício da resistência, é notável, porém seu custo é ainda muito elevado. Sob certas condições podem ser montadas em locais de fácil acesso e transportadas de helicóptero.

3.4 Cabos Pára-Raios

Ocupam a parte superior da estrutura e se destinam a interceptar descargas de origem atmosférica e descarregá-la para o solo, evitando que causem danos e interrupções nos sistemas.

É um equipamento destinado à proteção de sobretensão provocada por descargas atmosféricas ou por chaveamento na rede. Um pára-raios é constituído basicamente por: corpo de porcelana, resistores não-lineares, desligador automático, centelhador série, proteção contra sobrepressão, conforme mostra a figura 3.4.1.

Até pouco tempo os cabos pára-raios eram sempre rigidamente aterrados através das estruturas quando surgiu a idéia de utilizá-los para telecomunicações e telemedicações isolaram-se então as estruturas dos cabos através de isoladores de baixa resistência disruptiva, o que não afetou sua eficiência como elemento de proteção, permitindo o emprego de equipamento de acoplamento para comunicações muito menos dispendioso.

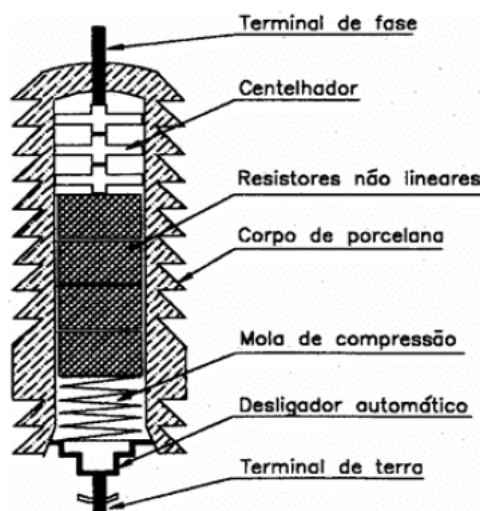


Fig. 3.4.1 – Vista da parte interna de um pára-raios.

Cabos utilizados

- Cabos de Aço HS, HSS ou SM galvanizados (aço galvanizado de alta ou extra alta resistência);
- Cabos aluminoweld (cabos formados por fios de aço recoberto por alumínio);
- Cabos copperweld;
- Cabos CAA de alta resistência mecânica (alumínio com alma de aço).

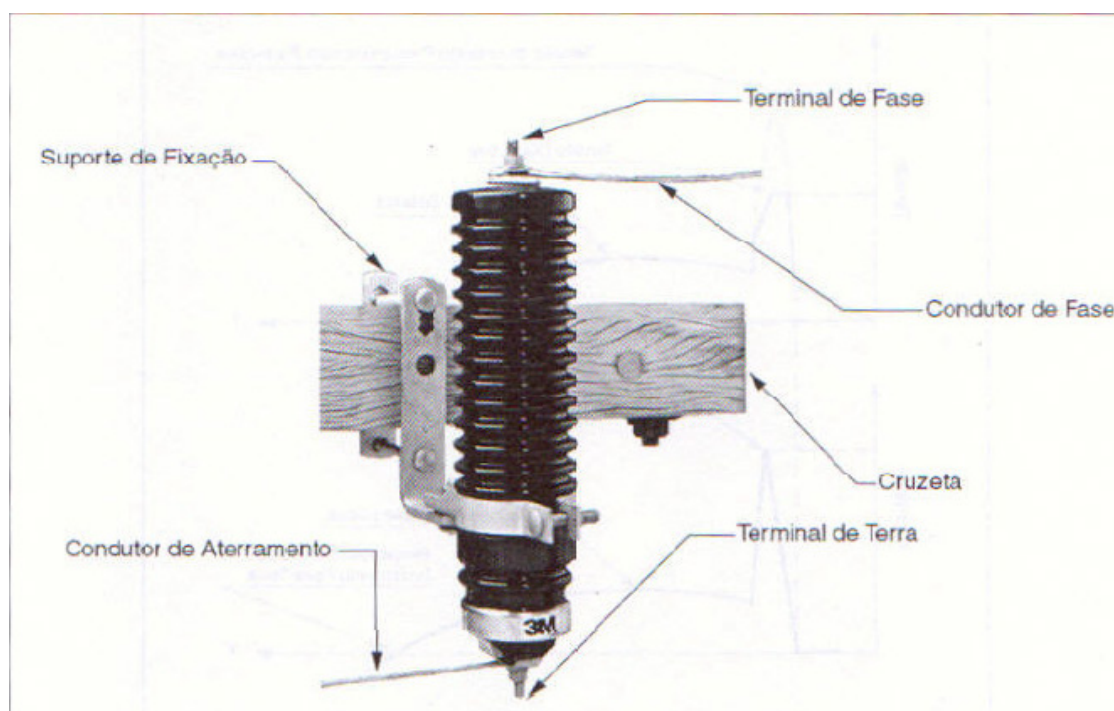


Fig. 3.4.2 – Montagem de um Pára-raios em uma cruzeta.

A figura 3.4.2 mostra um pára-raios montado numa cruzeta, indicando os elementos usados na montagem e na conexão. Já a figura 2.4 apresenta graficamente as variações de corrente e tensão durante a operação de um pára-raios a resistor não-linear.

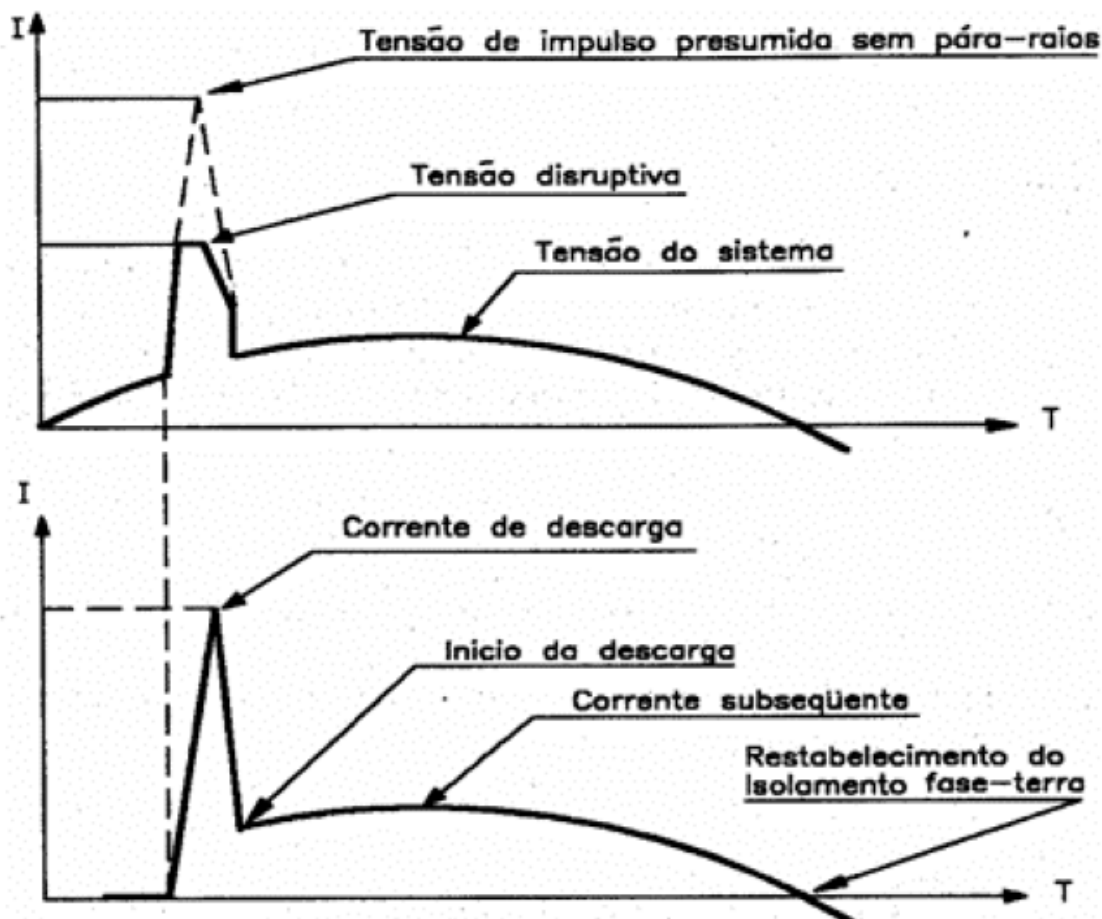


Fig. 3.4.3 – Curva de Atuação de um pára-raios.

Para especificar um pára-raios, é necessário que se indiquem, no mínimo os seguintes elementos: tensão nominal (em kV), frequência nominal, máxima tensão disruptiva de impulso sob frente de onda (em kV), máxima tensão residual de descarga (em kV), máxima tensão disruptiva à frequência industrial (em kV), corrente de descarga (em A), e tipo (distribuição ou estação).

4. Características de transmissão de energia em corrente alternada e corrente contínua

A transmissão em corrente alternada é hoje utilizada universalmente e mostrou-se adequada para transmitir e distribuir Energia Elétrica.

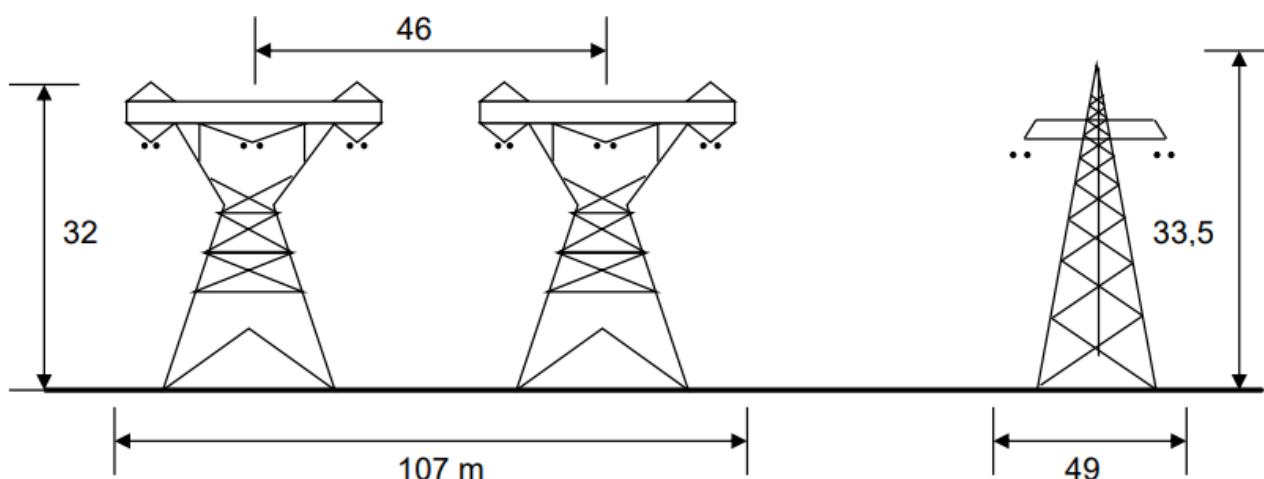
Embora isso seja verdadeiro, existem ainda alguns problemas que não foram resolvidos mediante o emprego de corrente alternada, de forma técnica e econômica.

- A transmissão de grandes blocos de potência a grandes distâncias de forma econômica e com o mínimo de agressão ao meio ambiente.
- Transmissão estável de potência entre sistemas assíncronos ou com diferentes frequências.
- Acréscimos de potência à uma dada rede sem majorar o nível de potência de curto-circuito desta rede.
- Transmissão subterrânea e subaquática a distâncias maiores que 30/40 km devido as severas limitações impostas pela geração de calor do cabo CA e a consequente necessidade de reatores em derivação impraticável em travessias marítimas ou de rios, penalizando economicamente o uso de cabos em corrente alternada.

Um fator determinante para a aplicação de CCAT (Corrente Contínua em Alta Tensão), é o baixo custo das linhas aéreas em corrente contínua.

Acima de uma certa distância cerca de 700 km, a economia obtida nos cabos das linhas é maior do que os custos extras oriundos das estações terminais, tornando a opção de transmissão em corrente contínua vantajosa.

Observa-se que um sistema de transmissão em corrente contínua com dois condutores metálicos e a possibilidade do retorno pela terra na falta de um deles, equivale na prática a um circuito duplo de corrente alternada, dispondo da mesma confiabilidade e a um custo menor inclusive no que tange a uma menor utilização de faixas de passagem.



Além disso a transmissão de corrente contínua não é afetada pela capacitância e a indutância da linha.

Utilizando toda a seção transversal do condutor (ausência do efeito pelicular) propicia um controle de potência estável e veloz.

A interconexão de sistemas operando a frequências diferentes ou de sistemas assíncronas (frequências idênticas, mas possuindo diferentes modos de controle) é feita com sucesso por elos em corrente contínua.

Elos em corrente alternada apresentam dificuldades com respeito a potência de acoplamento quando a capacidade de transmissão do elo for pequena em comparação com a capacidade geradora dos sistemas interligados.

Mesmo pequenas diferenças de frequências nos dois sistemas acarretam grandes correntes de interligação, com a proteção atuando para desconectá-las.

O emprego de corrente contínua resolve facilmente este problema, sem nada acrescentar a potência de curto-circuito das áreas interligadas. Isto equivale a não ser necessário alterar potência de transformadores, reforços em barramentos ou empregos de disjuntores com maior capacidade de interrupção.

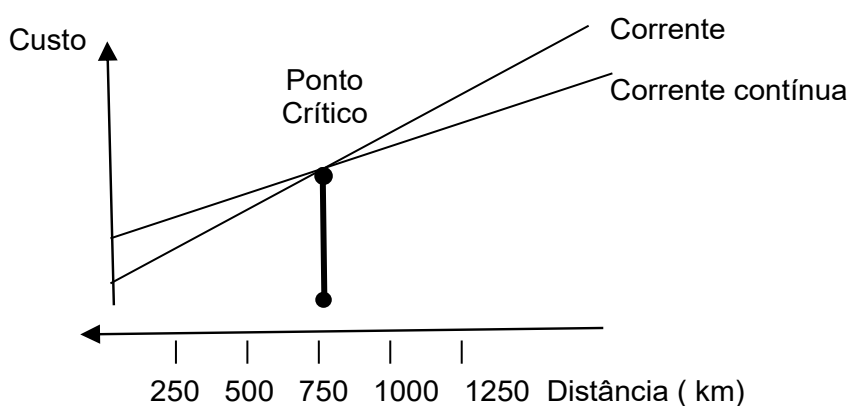
Todos os fatos mencionados anteriormente tem tornado cada vez maior o emprego da corrente contínua no mundo, principalmente com o desenvolvimento das válvulas a estado sólido, cada vez mais compactas, confiáveis e econômicas, permitindo minimizar custos das instalações terminais.

Conclusão

Quanto maior a distância de transmissão, a vantagem do menor custo da linha em corrente contínua se fará sentir na comparação com a alternativa em corrente alternada.

Este fato é demonstrado através da análise da figura abaixo. Tendo esta figura a variação do custo do investimento da transmissão (para uma dada potência) em função da distância.

Nas transmissões em corrente contínua as estações terminais tem um custo bem mais elevado que nas transmissões em corrente alternada, enquanto que para o custo da linha ocorre o inverso. Assim sendo a partir de uma dada distância. O custo global de da transmissão em corrente contínua passa a ser menor que o custo total da transmissão em corrente alternada. Não é possível estabelecer de modo genérico este ponto, pois ele varia de acordo com a potência a ser transmitida, as condições locais, as características do sistema, terminais, etc... A distância de 750 km é citada como exemplo para um caso em particular, estudos publicados tem mostrado que o ponto crítico situa-se numa faixa de 500 a 1.500 km.



Vantagens e Desvantagens da Transmissão em Corrente Contínua (CC)

Vantagens:

- Flexibilidade de operação e expansão – Pode operar com somente um pólo e retorno pela terra, o que equivale a um circuito duplo de corrente alternada. Dentro de certos limites a transmissão CC pode operar com tensão reduzida.
- Operação assíncrona – A distância de transmissão não é limitada por razões de estabilidade, característica esta que permite a interlagção de sistemas com frequências diferentes ou que apresentam problemas de estabilização.
- Corrente de curto circuito – Não contribui para o aumento desta corrente exceto um pequeno valor que depende do tipo e da quantidade de compensação reativa para os terminais.
- Transmissão subterrânea e submarina – Em corrente alternada é limitado devido aos efeitos do valor de corrente capacitiva dos cabos, o que não ocorre em CC, mostrando assim grandes perspectivas para alimentação de grandes centros urbanos, transmissões submarinas e marítimas.
- Transmissão mais confiável – operação em tensão reduzida caso haja problema de isolamento, operação com metade da potência, se um dos pólos ou parte da estação estiver fora de serviço, menos exposição à raios, pois só temos dois condutores contra três em corrente alternada ou seis em igualdade de transmissão.

Desvantagens:

- Custo dos terminais – Este era um dos grandes obstáculos no uso da corrente contínua. Este fator foi muito diminuído devido Às novas tecnologias de tirístores.
- Confiabilidade e disponibilidade de válvulas – Este era o maior obstáculo básico e fundamental até meados de 1970, visto que as válvulas a vapor de mercúrio apresentavam baixa confiabilidade.
- Custo de manutenção – A baixa confiabilidade das válvulas de vapor de mercúrio tornava os custos de manutenção das estações conversoras bastante elevadas se comparadas À corrente alternada. Com novas tecnologias isto não se verifica, conforme experiências existentes.
- Pouco conhecimento da tecnologia – O grande número de projetos a partir de 1970, difundiu esta tecnologia, facilitando estes tipo de transmissão. Vale salientar que estes comentários referem-se especificamente às estações conversoras e não as Linhas de transmissão.

5. Condutância de Dispersão e Efeito Corona

Introdução de Efeito Corona e perdas nos Isoladores

As perdas por dispersão englobam as perdas devidas ao efeito corona e as perdas nos isoladores. As primeiras são uniformemente distribuídas ao longo das linhas. As perdas nos isoladores, se concentram nos mesmos, porém como a distância entre estruturas suporte é pequena em comparação com o comprimento das linhas, também estas são consideradas uniformemente distribuídas.

5.1 Perdas nos Isoladores

Através do material com que são fabricados os isoladores (porcelana ou vidro), como também ao longo de sua superfície, verifica-se o escape de corrente em frequência normal. Essas correntes provocam perdas de energia, e seu valor é função de uma série de fatores merecendo destaque:

- Qualidade do material do isolador;
- Condições superficiais do isolador;
- Geometria do isolador;
- Frequência da tensão aplicada;
- Potencial a que são submetidos;
- Condições meteorológicas, etc;

Experiências realizadas em uma linha experimental (275Kv), mostraram que estas perdas variam muito, indicando por unidade de isolador pendente:

Tempo bom – 0,25 a 1,5 W/isolador

Chuva fraca – 2,5 W/isolador

Chuva forte 25W/Isolador

No geral estas perdas, são suficientemente pequenas para poderem ser desprezadas na maioria dos casos.

5.2 Efeito Corona

A seleção dos condutores é uma das decisões mais importantes a serem tomadas pelo projetista das LT's. Nas linhas em médias e altas tensões, a escolha das seções dos condutores geralmente se baseia em um equacionamento econômico entre as perdas por efeito joule e os investimentos necessários. Nas linhas em tensões extra elevadas e nas futuras linhas em tensões ultra-elevadas, o controle das manifestações do efeito corona pode ser o elemento dominante para orientar essa escolha.

As múltiplas manifestações do efeito corona tem implicações diretas com a economia das empresas concessionárias e com o meio ambiente no qual as linhas de transmissão se encontram. Todas são importantes e por isso devem merecer dos projetistas a devida atenção;

O efeito corona aparece na superfície dos condutores de uma linha aérea de transmissão quando o valor do gradiente de potencial aí existente excede o valor do gradiente crítico disruptivo do ar. Mesmo em um campo elétrico uniforme, entre dois eletrodos planos no ar, uma série de condições controlam essa tensão disruptiva, tais como a pressão do ar, a presença de vapor d'água, o tipo de tensão aplicada e a fotoionização incidente. No campo não uniforme em torno de um condutor a divergência de campo exige influência adicional, e qualquer partícula contaminadora como poeira, por exemplo, transforma-se em fonte pontual de descargas.

Descargas elétricas em gases são geralmente iniciadas por um campo elétrico que acelera elétrons livres aí existentes. Quando esses elétrons adquirem energia suficiente do campo elétrico, podem produzir novos elétrons por choque com outros átomos. É o processo de ionização por impacto. Durante sua aceleração no campo elétrico cada elétron livre colide com átomos de oxigênio, nitrogênio e outros gases presentes, perdendo nessa colisão, parte de sua energia cinética ocasionalmente um elétron pode atingir um átomo com força suficiente, de forma a excitá-lo. Nessas condições, o átomo atingido passa a um estado de energia mais elevado. O estado orbital de um ou mais elétrons muda e o elétron que colidiu com o átomo perde parte de sua energia para criar esse estado. Posteriormente o átomo atingido pode reverter ao seu estado inicial, liberando o excesso de energia em forma de calor, luz, energia acústica e radiações eletromagnéticas. Um elétron pode igualmente colidir com um íon positivo, convertendo-se em átomo neutro. Esse processo, denominado recombinação, também libera o excesso de energia.

Toda a energia liberada ou irradia deve provir do campo elétrico da linha, portanto do sistema alimentador, para o qual representa perda de energia, e conseqüentemente prejuízo. De um modo geral, elas se relacionam com a geometria dos condutores, tensão de operação, gradientes de potencial nas superfícies dos condutores e, principalmente com as condições meteorológicas locais.

Constatou-se por exemplo que as perdas por corona em linhas de tensões extra-elevadas podem variar de alguns Kilowatts/Km, até algumas centenas de Kilowatts/Km, sob condições adversas de chuva ou garoa.

As perdas médias, como se verificou podem constituir apenas pequenas partes das perdas por efeito Joule, porém as perdas máximas podem ter influência significativa nas demandas dos sistemas, pois a capacidade geradora para atender a essa demanda adicional deverá ser prevista ou diferença de energia importada.

Tanto as perdas com tempo bom como aquelas sob chuva dependem dos gradientes de potencial na superfície dos condutores. As perdas sob chuva dependem não só do índice de precipitações, como também do número de gotículas d'água que conseguem aderir à superfície dos condutores. Esse número é maior nos condutores novos do que nos usados, nos quais as gotas d'água aderem mais facilmente à geratriz inferior dos condutores.

Nas transmissões em tensões extra-elevadas e as tensões ultra-elevadas enfatizaram dois outros tipos de perturbação do meio, provocados pelo efeito corona, sendo-lhes atribuído também caráter de poluição

- radiointerferência (R.I)
- ruído acústico (RA)

Descargas individuais de corona provocam pulsos de tensão e corrente de curta duração que se propagam ao longo das linhas resultando em campos eletromagnéticos em suas imediações. Essas descargas ocorrem durante ambos os semiciclos da tensão aplicada, porém aquelas que ocorrem durante os semiciclos positivos é que irradiam ruídos capazes de interferir na radio recepção nas faixas de frequência das transmissões em amplitude modulada (AM). Em particular nas faixas das ondas médias. Eflúvios de corona também ocorrem em outros componentes das linhas, tais como ferragens e isoladores. Porém a intensidade dos ruídos gerados é bastante inferior a dos geradores pelos condutores. Ferragens defeituosos pinos e contra-pinos mal ajustados ou soltos podem igualmente gerar pulsos eletromagnéticos. Estes no entanto, ocorrem nas faixas das frequências de FM e TV, provocando interferência ou ruído nas recepções de FM e TV.

O estudo do comportamento das linhas no que se refere a RI é bastante complexo em virtude dos inúmeros fatores que afetam seu comportamento, muitos dos quais ainda são indefinidos e nem mesmo completamente entendidos, de forma que os efeitos cumulativos são considerados em bases estatísticas.

Nos projetos de pesquisa sobre Corona em tensões extra e ultra elevadas, verificou-se que uma outra manifestação sua não poderia ser desprezada nas linhas de 500 kV ou tensões superiores, dado o caráter de poluição ambiental que representa. É a poluição acústica causada pelo ruído característico provocado pelos eflúvios do Corona. Estudos mostraram que o ruído audível é função dos máximos gradientes de potencial na superfície dos condutores.

O dimensionamento econômico das LT's está relacionado com a escolha do gradiente de potencial máximo admissível na superfície dos condutores das linhas de transmissão. Como veremos gradientes de potencial para uma mesma classe de tensão somente são reduzidos mediante o emprego de condutores com número crescente de subcondutores, ou pela forma com que são distribuídos sobre o círculo tendo como centro o eixo do feixe.

Alternativas vem sendo pesquisadas para a redução da radiointerferência e ruídos audíveis, como a colocação de espinas em volta dos condutores ou o seu envolvimento em capas de neoprene. O emprego dos condutores múltiplos assimétricos tem apresentado problemas de estabilidade mecânica sob ação do vento, e a melhor solução sob esse aspecto poderá conflitar com a melhor solução sob o aspecto de distribuição de gradientes de potencial.

5.2.1 Formação dos eflúvios de Corona

Sabemos que o gradiente crítico disruptivo do ar atmosférico E_0 é da ordem de 30,5 (kV/cm) em atmosfera-padrão de 20°C e pressão barométrica de 760mm de Hg. Para a corrente alternada, o valor eficaz do gradiente disruptivo é igual a $E_0 = 21,6$ kV/cm.

Foi verificado através de experiências que o fenômeno das descargas de Corona somente se inicia com valores de gradientes mais elevados nas superfícies dos condutores, quando também se iniciam as manifestações luminosas. A esse valor de gradiente denominou-se gradiente crítico visual (ECRV). Um condutor atinge o gradiente crítico visual quando o gradiente crítico disruptivo é atingido a uma determinada distância da superfície do condutor, o que é necessário para que o campo acumule energia suficiente para desencadear o processo. Essa distância denominada distância de energia é igual a $0,301/\sqrt{r}$ (cm) em atmosfera-padrão.

Fatores de superfície

Condições superficiais dos condutores	Fatores de superfície (m)
Condutores cilíndricos, polidos e secos	1,00
Cabos novos, secos, limpos e sem abrasão	0,92
Cabos de cobre expostos ao tempo em atmosfera limpa	0,82
Cabos de cobre expostos ao tempo em atmosfera agressiva	0,72
Cabos de alumínio novos, limpos e secos, com condições de superfície decorrentes do grau de cuidado com que foram estendidos nas linhas (médias 0,60)	0,53 a 0,73
Cabos molhados, novos ou usados	0,16 a 0,25

Verifica-se pelos valores obtidos na tabela que o ECRV diminui muito com a presença de água sobre os cabos, cujas gotas representam pontos de concentração de potencial. Os valores mais baixos de m atribuídos aos cabos novos e secos decorrem do fato de que estes, em geral, além de apresentarem pequenas irregularidades superficiais (arranhões, farpas, etc...), que a oxidação provocada pelo próprio Corona se encarrega de eliminar, com o tempo, possuem também óleos ou graxas em sua superfície, à qual aderem mais facilmente partículas de poeira orgânica e inorgânica, que representam fontes de eflúvios puntiformes.



Deformação de gotas d'água sob ação do campo elétrico de um condutor

Nos cabos novos sujeitos à chuva, a água adere a toda a sua superfície em forma de gotículas, enquanto que, nos cabos usados, a tendência é se formarem gotas maiores ao longo de sua geratriz inferior, porém em menor número. As gotículas em geral, são deformadas sob a ação do campo elétrico, formando pontas nas quais o gradiente se torna Gota deformada pelo campo elétrico suficientemente elevado para produzir eflúvios puntiformes, causando todos os inconvenientes mencionados. O gradiente crítico visual decresce consideravelmente.

5.3 Previsão do desempenho das linhas quanto a formação de Corona

Para que uma linha apresente um desempenho satisfatório face ao fenômeno do Corona, é necessário que o gradiente de potencial, na superfície dos condutores ou subcondutores, seja inferior ao valor do gradiente crítico visual desta linha, ou seja:

$$E < E_{\text{CRV}}$$

Observações realizadas em linhas de transmissão mostraram que se pode esperar um desempenho razoável com valores de gradientes de potencial da ordem de 15 kV/cm. Publicações recentes indicam que se pode esperar desempenho satisfatório, seja no que diz respeito a perdas, seja quanto ao nível de intensidade de ruídos de radiointerferência com:

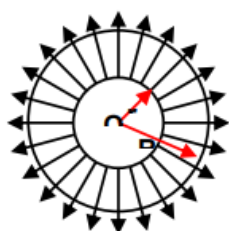
$$E < 17 \text{ kV/cm}$$

Este valor tem sido empregado em dimensionamentos preliminares para a escolha técnico econômica de condutores de linhas.

5.4 Gradiente de potencial na superfície dos condutores

Consideremos inicialmente um condutor cilíndrico reto, de raio r (m), de grande comprimento, de forma que se possa examinar um pedaço de comprimento unitário sem que ele seja afetado por quaisquer efeitos das extremidades. Consideramos igualmente longe de quaisquer outros condutores ou planos condutores. Este condutor possui carga Q (coulomb/km), uniformemente distribuída sobre sua superfície.

O seu campo elétrico pode ser visualizado conforme figura abaixo através das linhas de força que emanam normalmente de sua superfície e cujo número é proporcional a Q . Se considerarmos um cilindro concêntrico com o condutor de espessura infinitesimal e a uma distância R (m) de seu centro, o mesmo número de linhas de força que emanam da superfície do condutor de raio r também atravessará o cilindro, distribuindo-se sobre sua superfície uniformemente.



Campo elétrico de um condutor cilíndrico no espaço

A densidade do fluxo na superfície do cilindro, se considerarmos um comprimento unitário deste, será:

$$D_R = \frac{Q}{2\pi R} \quad (\text{C/m}^2);$$

na superfície do próprio condutor:

$$D_r = \frac{Q}{2\pi r} \quad (\text{C/m}^2);$$

se lembrarmos que o gradiente de potencial se relaciona com a densidade de fluxo através da expressão:

$$E = \frac{D}{\epsilon} \quad (\text{V/m})$$

Teremos o gradiente de potencial na superfície do condutor e do cilindro:

$$E_R = \frac{Q}{2\pi R \cdot \epsilon} \quad (\text{V/m}) \quad \text{e} \quad E_r = \frac{Q}{2r \cdot \epsilon} \quad (\text{V/m})$$

onde: ϵ – é a permissividade do meio.

5.5 Análise quantitativa das manifestações do efeito Corona

Conforme foi mencionado, anteriormente, três das manifestações do efeito Corona apresentam maiores preocupações nos projetos das linhas de transmissão, as quais examinaremos a seguir:

- a – radiointerferência;
- b – ruídos auditivos;
- c – perdas de energia.

As duas primeiras apresentam nítido caráter de poluição ambiental, atingindo portanto, direitos da população em geral. As perdas por Corona representam problemas econômicos. Em geral ocorrem, simultaneamente, e se relacionam diretamente com o gradiente de potencial dos condutores.

5.5.1 Radiointerferência

Descargas ou eflúvios pontuais nas superfícies dos condutores, causados por irregularidades ou partículas sólidas aderentes, provocam a formação de pulsos de correntes que se propagam ao longo das linhas, estabelecendo campos eletromagnéticos que se estendem lateralmente, e cuja presença é detectada por receptores de rádio de amplitude modulada (AM), principalmente nas faixas de 500 a 1.600 kHz, ou seja, exatamente nas faixas reservadas às transmissões de ondas médias.

As pesquisas mostraram que os fatores que afetam a radiointerferência e que constituem as variáveis na maioria dos métodos divulgados são:

- fator de superfície;
- frequência da energia irradiada;
- resistividade do solo;
- umidade relativa;
- densidade relativa do ar;
- velocidade do vento;
- índice de precipitação (chuvas).

5.5.2 Ruídos Acústicos

Até antes do aparecimento das linhas de transmissão de 500 kV, as maiores fontes de ruídos nos sistemas elétricos eram constituídas pelos transformadores e subestações. No entanto o ruído gerado por linhas acima de 500 kV pode tornar-se fator decisivo com parâmetro limitante em projetos.

O ruído auditivo nas linhas ocorre ao longo dos cabos condutores, com componentes em frequências subarmônicas da frequência da linha, de natureza contínua. Essas componentes podem ser atribuídas a um movimento oscilatório da capa de ar ionizado que envolve os condutores. Há também uma componente de natureza aleatória e provocada pelos eflúvios de Corona nas superfícies dos condutores durante os semiciclos positivos da tensão na linha, com um espectro mais amplo de frequências, mantendo sons de frequência fundamental, subarmônicos e harmônicos de ordem superior. Essas fontes pontuais devidas aos eflúvios podem ser consideradas uniformemente distribuídas ao longo da linha, emitindo ondas sonoras esféricas.

Há pesquisas em andamento, cuja finalidade é entender e equacionar melhor o problema, assim como buscar meios de reduzir o seu efeito entre os quais:

- uso de grande número de subcondutores por fase;
- empregos de feixes de condutores assimétricos, reduzindo seu número na parte inferior;
- aumento dos diâmetros físicos dos condutores, envolvendo-os por tubos de neoprene de diâmetros bem maiores que o seu diâmetro, afastando as gotas d'água da geratriz inferior;
- aumento do diâmetro elétrico dos cabos por meio de espiras de arames finos, provocando supercorona;

5.5.3 Perdas de energia por Corona

Mesmo em linhas com condutores bem dimensionados, quando as perdas por Corona, com tempo bom, são suficientemente pequenas para serem desprezadas para fins de determinação de parâmetros das linhas, o mesmo não acontece, como mostraram estudos efetuados em diversos países, em condições de mau tempo, conforme comentamos anteriormente.

Para a determinação analítica das perdas por efeito Corona, encontra-se na literatura um número grande de expressões, a maioria delas empíricas e baseadas em pesquisas e observações realizadas por seus autores e cujos resultados nem sempre convergem.

Não abordaremos estes cálculos neste estudo.

6. Linhas de Distribuição

6.1 Estudo das cargas elétricas

6.1.1 Introdução

Para o estudo a simulação do sistema de distribuição, ou seja, para o entendimento e compreensão da operação deste sistema, torna-se necessário representar os diversos tipos de cargas por modelos matemáticos convenientes.

Cada modelo deve relacionar, através de coeficientes característicos, as variações de potência ativa e reativa com as variações de tensão e frequência do sistema. Deve-se também, determinar as porcentagens com que cada carga típica contribui para o sistema ao qual está ligada. De posse destes valores (coeficientes característicos e porcentagens), deve-se pesquisar coeficientes característicos para as associações de diferentes cargas.

Acontece, porém, que a composição de cargas, além de mudar com o tempo, não é determinada diretamente. Em vista desta incerteza, a associação de diversas cargas pode normalmente ser representada por três modelos matemáticos, que são:

- Impedância constante
- Corrente constante
- Potência constante

6.1.2 Classificação das cargas

As cargas encontradas na distribuição podem ser classificadas segundo os seguintes aspectos:

- Posição geográfica;
- Circuito no sistema de fornecimento;
- Dependência na continuidade de fornecimento;
- Atividade do consumidor.

Posição geográfica

- Cargas urbanas;
- Cargas rurais.

Baseando-se nesta classificação, adotam-se condições diferentes de qualidade de serviço. Os consumidores urbanos recebem mais atenção do que os rurais, quanto a continuidade de fornecimento e variação da tensão.

Por outro lado, para incentivar as atividades dos consumidores rurais, estes são favorecidos pelo governo que, por meio de órgãos competentes, que financia a eletrificação de suas propriedades, determina que lhe sejam dadas concessões especiais, como tarifa inferior à do consumidor urbano, isenção de certas obrigações, etc..

Circuito no sistema de fornecimento

- Cargas de Transmissão (Grupo A)
- Cargas de Subtransmissão (Grupo A)
- Cargas Primárias (Grupo A)
- Cargas Secundárias (Grupo B)

Segundo esta classificação, foram estabelecidos os grupos A e B de tarifas.

Dependência na continuidade de fornecimento;

- Consumidor Prioridade A: hospitais, fábricas de papel, café solúvel e leite em pó, indústrias de fios e cabos, têxteis, centros de processamento de dados, emissoras de rádio e Tv.
- Consumidor Prioridade B: indústrias com alto-fornos, estabelecimentos bancários, órgãos governamentais, esgoto de tratamento de água.
- Consumidor Prioridade C: Centros comerciais, oficinas mecânicas, hotéis, cinemas, padarias, condomínios residenciais (com elevadores), etc...
- Consumidor Prioridade D: outros

Atividade do consumidor

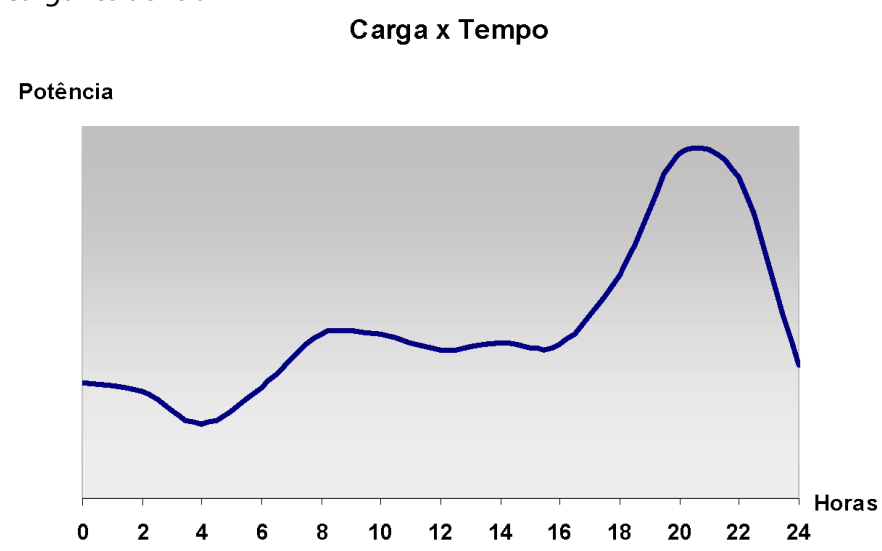
- Residencial
- Comercial
- Industrial
- Rural
- Iluminação Pública
- Outros:
 - Poderes públicos (Executivo, Legislativo e Judiciário dos governos Federal, Estadual e Municipal, Autarquias e Fundações).
 - Serviços Públicos (relativos a água, esgoto e saneamento, irrigação e tração elétrica).
 - Consumo próprio da concessionária.

6.1.3 Curvas de carga (Diagrama de cargas)

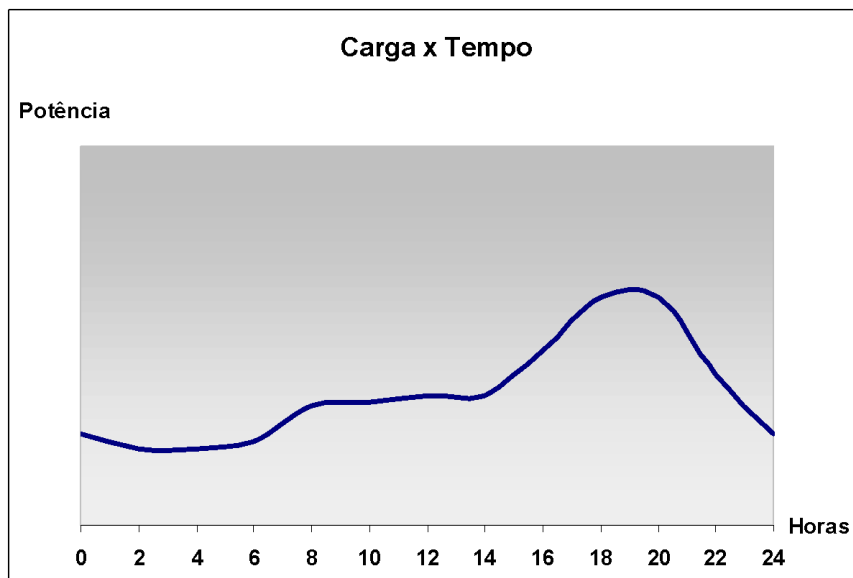
Excepcionalmente, as cargas permanecem constantes durante um longo período. Quase sempre, variam constantemente segundo as atividades, os níveis sócio-econômicos e os costumes dos consumidores, às horas do dia, os dias da semana, as estações do ano, etc.. A curva de carga é um gráfico, representado no plano cartesiano, que mostra a variação da carga em função do tempo. Quando o eixo dos tempos abrange um dia, obtém-se a curva de carga diária.

As classes de carga, segundo as atividades dos consumidores, podem ser prontamente identificadas pelas curvas diárias, que possuem configurações bem diferentes de uma classe para outra.

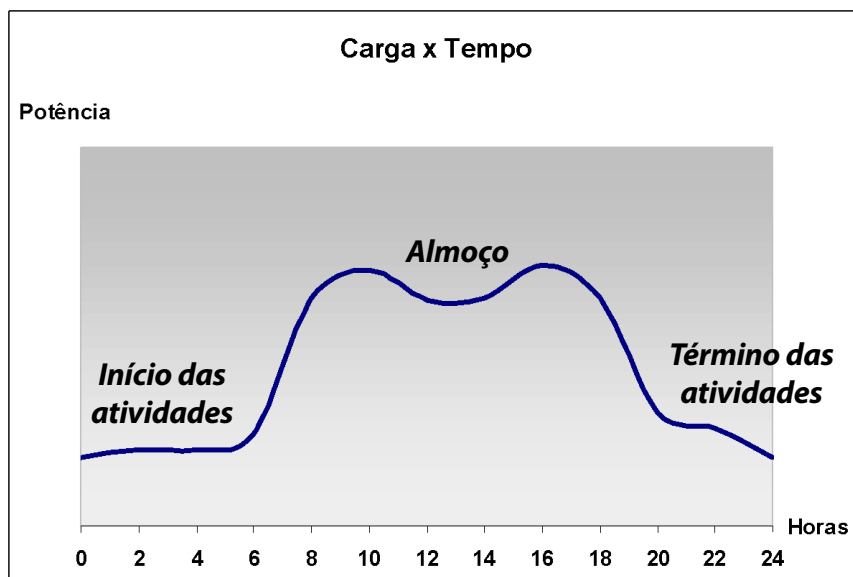
Curva típica de Carga residencial



Curva típica de Carga comercial

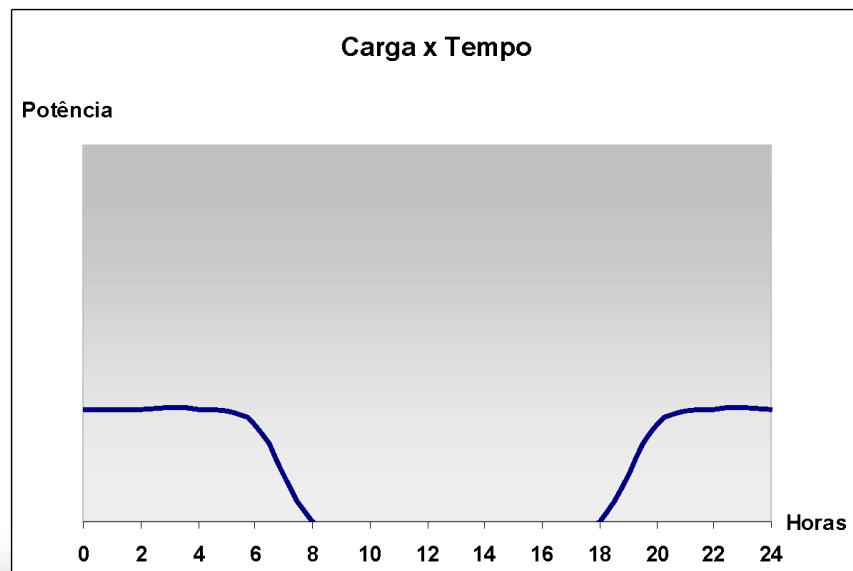


Curva típica de Carga Industrial



Obs.: A curva é diferente para aquelas indústrias com funcionamento contínuo (3 turnos de trabalho).

Curva típica de Iluminação Pública



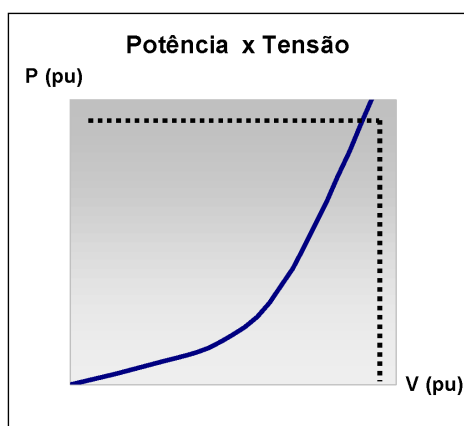
A curva típica de uma carga rural é bastante diferente conforme se focalize um período de safra ou entre-safra. Entretanto, nem todas as cargas rurais assim se apresentam. As que se comportam periodicamente, dessa forma, são chamadas de “cargas sazonais”.

6.1.4 Modelos de cargas elétricas

Existem basicamente três modelos para representação de uma dada carga:

- Impedância constante
- Corrente constante
- Potência constante

Carga de impedância constante

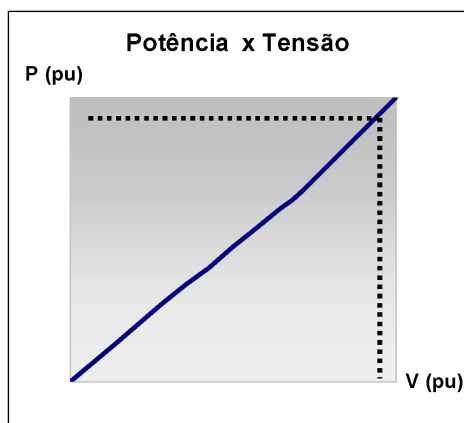


Quando a carga é representada por um modulo de impedância constante, a potência (P) da carga é proporcional ao quadrado da tensão (V). Ou seja, a impedância $Z = R + jX$ é constante, não variando com a tensão.

$$P = V.I \Rightarrow \frac{V.V}{Z} \Rightarrow Z = \frac{|V|^2}{P}$$

As cargas que se comportam, praticamente como de impedância constante são as lâmpadas incandescentes e as cargas de aquecimento (resistivas).

Carga de corrente constante

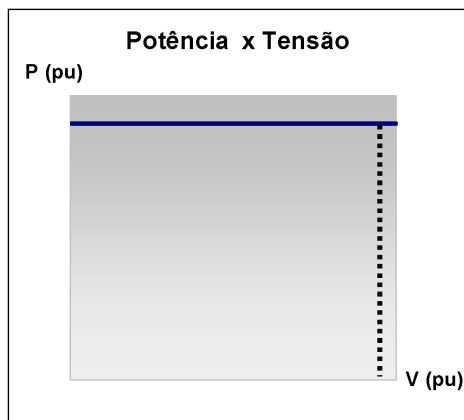


Para o modelo de carga do tipo corrente constante, a potência é proporcional à tensão, isto é, a corrente é independente da variação da tensão. Neste caso o modelo matemático é dado por:

$$P = V.I \Rightarrow I = \frac{P}{V}$$

Este tipo de comportamento pode ser observado nas lâmpadas de descarga à baixa pressão com compensação do fator de potência.

Carga de potência constante



Neste caso a potência (ativa e reativa) não varia com a tensão, isto é:

$$S = P + jQ = \text{cte}$$

Os motores de indução se comportam, basicamente com cargas de potência constante.

Obs.: Os três modelos apresentados tratam as cargas de forma independente da frequência. Na realidade, muitas delas variam com a frequência, como é o caso das lâmpadas de descarga, fornos a arco, conversores, motores, etc. No entanto, verifica-se que este parâmetro na representação das cargas, principalmente na baixa tensão, pode ser desprezada.

6.1.5 Composição de cargas

No conjunto, as cargas estão combinadas segundo um percentual que caracteriza cada região e/ou tipo de consumidor. Ou seja, a carga de um alimentador é composta por um conjunto de cargas de diferentes naturezas, motivo pelo qual não se pode dizer que o mesmo obedece a um dos modelos expostos.

As cargas normalmente presentes nos circuitos de distribuição são as lâmpadas incandescentes, de descarga à baixa pressão e à alta pressão (vapor de mercúrio), fornos e aquecedores (chuveiros e ferros elétricos), motores de indução e aparelhos de ar condicionados.

Como cada tipo de carga requer uma representação diferente dificultando a solução do fluxo de potência, torna-se conveniente agrupar as cargas em uma única carga total, com uma apropriada lei de variação. Quando analisamos a composição de cargas dos alimentadores de distribuição, verificamos que o modelo mais conveniente é o de corrente constante.

7. Redes de Distribuição

Finalidade

A presente norma tem como objetivo estabelecer os critérios básicos e as condições gerais para a elaboração de Projetos de Redes de Distribuição, pela Escelsa ou por terceiros, na área de concessão da Escelsa.

Considerações Básicas

Os projetos apresentados por terceiros terão prazo de validade para execução de 12 (doze) meses, após o visto da ESCELSA. Findo esse prazo e não executada a obra, deverá ser consultada a ESCELSA quanto à necessidade de apresentação de novo projeto, de acordo com os padrões e normas vigentes.

Os projetos para as regiões onde existe ou não rede elétrica, deverão obedecer a um planejamento básico, elaborado pela Área de Planejamento da ESCELSA, possibilitando um desenvolvimento contínuo e uniforme da rede, dentro da expectativa de crescimento de cada localidade.

O projetista deve sempre avaliar o efeito da rede proposta no meio ambiente onde será construída, procurando sempre minimizar ou eliminar os aspectos que possam interferir diretamente com o desempenho do fornecimento de energia elétrica, mas considerando também aspectos como ecologia, estética e fatores sociais.

Ao verificar árvores de porte inadequado sob a rede elétrica, quando de levantamentos de campo para projetos, deve-se procurar o cliente e orientá-lo a contatar o setor pertinente da Prefeitura Municipal de sua cidade para a extração das mesmas quando possível, e solicitar o plantio de árvores de porte adequado (até quatro metros de altura), evitando-se podas corretivas e emergenciais futuras, interrupções de energia elétrica, acidentes elétricos, etc.

Todo projeto de extensão e reforma de redes urbanas de distribuição, elaborado pela ESELSA ou por terceiros, deve prever somente postes de concreto circular e padronizados pela ESELSA.

Sempre que possível, colocar a posteação do lado Oeste na rua cujo eixo esteja na direção aproximada Norte-Sul, a fim de que as futuras árvores de médio porte possam ser plantadas do lado Leste, dando maior sombra, à tarde, sobre as frentes das casas e as calçadas. Para as ruas cujo eixo está na direção Leste- Oeste, o lado da posteação deve ser sempre que possível do lado Norte, para que as árvores de porte médio, plantadas do lado Sul, dêem sombra sobre a calçada. Desse modo a arborização obtém maior insolação durante o dia e os moradores têm sombra à tarde, refrescando suas casas, e a ESELSA e a comunidade beneficiam-se com a não interferência entre a rede elétrica e a arborização. As figuras a seguir mostram a localização dos postes e das árvores em função do seu porte.

Figura 7.1 - Locais adequados para instalação de rede dedistribuição aérea

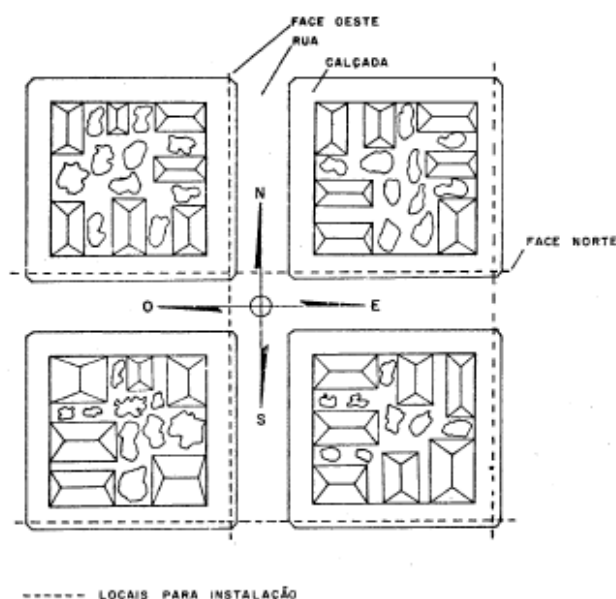
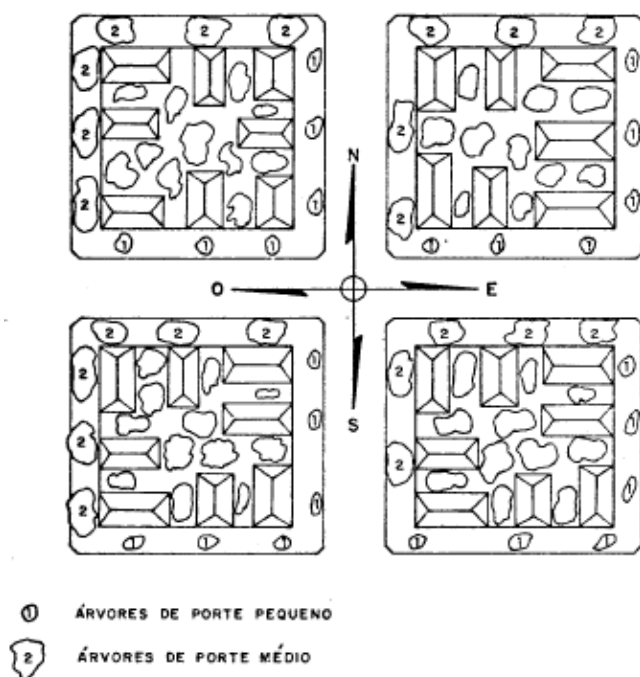


Figura 7.2 - Locais adequados para o plantio de árvores de pequeno e médio porte



As distâncias entre a rede elétrica e as construções, fachadas, letreiros, luminosos, reformas, etc., devem ser avaliadas prevendo futuras ampliações destas e o futuro afastamento das redes elétricas, propondo desde já estruturas definitivas, conforme a largura das calçadas existentes e evitando condições inseguras para os moradores do local, bem como gastos futuros com as remoções e interrupções de energia.

Não propor posteação em locais onde as curvas das ruas, avenidas, rotatórias, etc., direcionam os veículos, pela força centrífuga, para fora do eixo da curva, diretamente a estes locais, o que eleva a probabilidade de abalroamentos dos postes. Esses devem ser locados no outro lado da rua, evitando-se possíveis abalroamentos com danos materiais e pessoais para a ESCELSA e pessoas. Evitar posteação fora do alinhamento das divisas dos terrenos onde não está definida a entrada de veículos, evitando-se futuras remoções de postes.

Propor a iluminação pública adequada aos locais de maior concentração de pessoas, tais como: escolas, postos de saúde, hospitais, templos religiosos, praças, áreas de lazer, pontos de ônibus, áreas institucionais de conjuntos habitacionais ou loteamentos, etc., com lâmpadas de capacidade superior às demais ruas do local, previamente negociado com a Prefeitura Municipal.

A responsabilidade de autorização de locação dos postes nas vias / áreas públicas é sempre da Prefeitura Municipal (PM). Igualmente no Planejamento da Iluminação Pública, deve ser previamente negociado entre a ESCELSA e PM.

Projetar sempre utilizando-se das estruturas mínimas necessárias ao atendimento proposto, sempre obedecendo os requisitos técnicos mínimos previstos em norma, porém, aplicando-se as reduções de tração possíveis e corretos cálculos mecânicos dos postes, o que certamente trará economias ao projeto, segurança para os trabalhadores e a comunidade, favorecendo a ESCELSA e o cliente.

Propor sempre, no projeto o “reparo de passeio” em locais onde os postes forem instalados ou removidos e existam calçadas pavimentadas.

Estar sempre de posse, quando dos levantamentos em campo ou no escritório, dos manuais e orçamentos atualizados possibilitando informar prontamente ao cliente quanto a previsão dos custos dos serviços solicitados, bem como obter a prévia concordância ou o cancelamento do processo.

Em cruzamentos aéreos (“flying-tap”) de redes primárias (15 ou 23 kV) novas, com condutores nus, quando possível, deve ser projetado e instalado os condutores de maior bitola ou os condutores “fonte” por cima dos de menor bitola ou “carga” (adotar sempre dois postes de 11m e dois postes de 12m, no mínimo). Em reformas ou melhoramentos da rede de distribuição, adotar a solução mais econômica independente da posição dos condutores. Em cruzamentos de condutores de alumínio com condutores de cobre, os de alumínio sempre devem ser instalados por cima. Nos cruzamentos aéreos de redes primárias, de condutores nus com rede compacta (“spacer cable”), a rede compacta deve ser instalada acima da rede com condutores nus e as ligações das fases deverão ser feitas com cabo coberto, observando-se a distância mínima entre circuitos.

Todos os materiais previstos nos projetos e construção, devem seguir as Especificações e Padrões Técnicos vigentes na ESCELSA, e de fornecedores habilitados pela ESCELSA para o respectivo material.

Conceitos Básicos para Projeto da Rede de Distribuição Aérea – Rede Secundária

O dimensionamento elétrico de um circuito de distribuição em baixa tensão é feito verificando-se dois parâmetros principais, a saber, queda de tensão e o limite térmico dos cabos. Os comprimentos usuais de nossas redes secundárias fazem com que, na maioria dos casos, seja suficiente o cálculo da queda de tensão; no entanto, em casos especiais de circuitos muito curtos é necessário fazer a verificação do limite térmico. Não são feitas restrições quanto às perdas, nos projetos de redes secundárias, porque os limites de queda de tensão estabelecidos são suficientes para restringir as perdas a níveis aceitáveis.

Nas redes de distribuição de energia elétrica qualquer modificação ou alteração proposta acarreta geralmente custos elevados; por esse motivo é fundamental que, nos projetos, a configuração dos circuitos secundários tenha uma escolha bastante criteriosa. É de grande importância o formato ou configuração dos circuitos das redes secundárias e sendo estas bem dimensionadas, com a proposição de circuitos flexíveis e bem definidos, além de outras vantagens poderá proporcionar:

- a) Máxima vida útil da instalação, evitando que a rede de distribuição tenha um envelhecimento prematuro, respondendo ao crescimento da carga para a qual foi dimensionada.
- b) Obtenção de um maior benefício pelo menor custo operacional, incluindo perdas de energia, custos dos condutores, transformadores de distribuição, materiais diversos, etc.

Para fins de projeto, estabelecemos que um circuito secundário deve ter uma vida útil teórica de 15 anos sendo que, no 7,5o ano é previsto um seccionamento com intercalação de transformadores. É evidente que, na prática, este seccionamento e esta vida útil poderão se confirmar ou não dependendo do crescimento real da carga.

As redes secundárias de uma região, onde existe o mesmo padrão de carga (mesma carga residencial típica), devem ser alimentadas com setores secundários justapostos da mesma configuração, mesmo comprimento e mesmas bitolas de condutores, fazendo-se alterações apenas onde cargas atípicas assim o exigirem. Esta uniformidade facilitará o projeto e permitirá fazer-se os seccionamentos e intercalação de transformadores, de uma maneira mais repetitiva e uniforme.

Em bairros residenciais estáveis, como é geralmente o caso dos núcleos habitacionais, onde a possibilidade de grandes alterações nos tipos de carga é pequena, pode-se reduzir ao mínimo o custo da instalação e da operação da rede de distribuição colocando-se o menor número possível de transformadores e em consequência, a menor extensão possível de rede primária, com o uso de circuitos secundários longos e com bitolas maiores que, em geral, dão menos problemas de manutenção.

Em bairros comerciais ou com pequenas indústrias ligadas a rede secundária, ou ainda, bairros em que as residências estão sendo substituídas por prédios de apartamentos, ou outras cargas maiores, é conveniente que se tenha a rede primária se estendendo por um maior número de ruas e um número maior de transformadores de distribuição, tornando a rede mais flexível para futuras alterações. Neste caso a rede secundária resultante deve ser com cabos mais leves reduzindo-se os ônus nos casos de sua substituição antes do término da sua vida útil.

Os condutores a serem utilizados na rede secundária serão multiplexados, recomendando-se para os barramentos, 120(70) mm² ou 70(70) mm² e, para as laterais, 70(70) mm² ou 50(50) mm².

De um modo geral, deve-se evitar o projeto de circuitos novos com cargas completas equivalentes a transformadores inferiores a 45 kVA, em bairros estáveis conforme o item 5.5 e 30 kVA em bairros com redes secundárias mais leves.

Preferencialmente, ramais de ligação de consumidores próximos ao meio do vão da rede secundária deverão ser ligados ao poste mais próximo do transformador reduzindo, desta forma, a carga do vão e, em consequência, as quedas de tensão e as perdas de energia.

Por motivos de segurança, a rede secundária em um poste com transformador deve sempre ser alimentada por este.

- Sendo desnecessária, a rede secundária deve ser retirada permanecendo sempre o neutro.
- Dois transformadores instalados no mesmo poste deverão, preferencialmente, serem ligados independentemente, sem paralelismo evitando a transposição da rede primária, a não ser que a carga do maior consumidor for maior que um dos transformadores. Neste caso evitar instalar rede secundária e, se for inevitável, alimentar a rede somente por um dos transformadores ligando-se o segundo transformador a um número pequeno de ramais de serviço de grandes cargas.
- Transformadores instalados em postes adjacentes tornam desnecessários a rede secundária no vão, permanecendo sempre o condutor neutro.

De um modo geral, deve-se evitar extensões de circuitos de redes secundárias maiores que 350 m.

A não ser que haja evidentes vantagens de custo, convém evitar a construção de circuitos secundários com cruzamento com seccionamento aéreo.

Conceitos Básicos para Projeto da Rede de Distribuição Aérea - Ramal e Subramal Primários

Dependendo da existência ou não de um tronco ou de uma lateral de alimentador, a linha que alimenta diretamente os transformadores é classificada como ramal ou sub-ramal. As regras dadas a seguir são aplicáveis a ambos os casos, sendo que para simplificar o texto, nos referimos apenas a ramais, exceção feita a alguns casos específicos onde a distinção está claramente mostrada.

Os ramais primários são determinados pela localização dos consumidores em média tensão e, basicamente, pelas configurações adotadas para a rede secundária e as consequentes localizações dos seus postos de transformação.

Escolhida a configuração da rede secundária a ser adotada em determinado local, conforme descrito no item anterior e demais capítulos aplicáveis, deve-se definir a configuração dos ramais primários.

Para alguns formatos e disposições de quarteirões a direção dos ramais primários é única e para outros, tem-se mais de uma opção (quarteirões quadrados por exemplo). Dado o caráter repetitivo da rede secundária, em geral será possível construir-se os ramais na configuração mais adequada, isto é, paralelos uns aos outros ou seguindo aproximadamente a mesma direção. 6.4- Sempre que possível os ramais construídos, o mais paralelamente possível uns dos outros, devem ser dispostos de tal maneira a derivarem de um tronco de alimentador ou, caso não exista, de uma lateral de alimentador ou mesmo de um ramal (denominando-se então de sub-ramal).

Os ramais primários devem ser projetados com comprimentos finais de ordem de 1 km a 2 km, a menos que a configuração do bairro determine comprimentos menores sendo, nas áreas de maior densidade de carga, adotados comprimentos menores (1 km). Havendo previsão de expansões da rede elétrica os ramais poderão ser construídos inicialmente mais curtos, sempre obedecendo o planejamento global da área para a rede primária. Este item não se aplica a subramais de pequena extensão.

Na construção dos ramais deverão ser evitados ângulos ou mudanças de direção.

A bitola mínima para os ramais primários será 70 mm², para rede compacta. Serão utilizadas bitolas maiores se as cargas projetadas para o ramal ultrapassam os limites de carregamento econômico ou limites de queda de tensão, no caso de ramais excepcionalmente longos.

Sempre que possível, um ramal primário deverá possuir, como fonte alternativa de alimentação, um ponto de ligação em sua extremidade, através de uma ligação com chave à extremidade de um outro ramal ligado a outro alimentador ou lateral. No caso de subramais de pequena extensão dificilmente se terá justificativa econômica para a dupla fonte.

Padronização de Redes Primárias Urbanas de Distribuição

O padrão de rede primária urbana na ESCELSA é a rede primária compacta (11,9 - 13,8 ou 23 kV), com condutores de alumínio (CA) protegidos com cobertura em XLPE, instalados em espaçadores, conforme os padrões técnicos de montagem vigentes. Em casos onde são exigidas condições especiais de instalação, devido a espaçamentos críticos, arborização histórica, áreas de preservação ambiental, necessidade de aproveitamento de posteação existente, congestionamento de saídas de alimentadores de SE's, poderão vir a serem projetadas, além da Rede Primária Compacta (RPC), as Redes Primárias Isolada (RPI) com cabos isolados multiplexados - 3x240 mm² + 1x120 mm² (8,7/15 ou 15/25 kV) ou mesmo cabos subterrâneos. Esses tipos de projetos são considerados especiais e deverá ser consultado, previamente, o Departamento de Engenharia da ESCELSA.

NOTAS:

- a) Para regiões densamente poluídas e nas áreas próxima à orla marítima, não deverão ser projetadas redes aéreas com cabos cobertos, pois a deposição de agentes agressivos e/ou da maresia na superfície protetora dos cabos, permite a passagem da correntes elétricas superficiais, o que ocasiona um fenômeno conhecido como tracking (trilhamento elétrico); A restrição de uso dos cabos cobertos nos municípios litorâneos, está limitada à uma distância de trezentos (300) metros da orla marítima.
- b) Nessas situações específicas, ou quando explicitamente mencionadas nas Normas de Projetos de Redes Aéreas de Distribuição Urbanas, a rede primária será projetada e construída com condutores nus de alumínio (CA). Nesse caso a bitola mínima para os ramais primários será 1/0 AWG CA.

Padronização de Redes Secundárias Urbanas de Distribuição

O padrão de rede secundária urbana na ESCELSA é a Rede Secundária Isolada (RSI), com cabos multiplexados, isolamento 1 kV, conforme os padrões técnicos de montagem vigentes..

NOTA: Somente em situações específicas, quando explicitamente mencionadas nas Normas de Projetos de Redes Aéreas de Distribuição Urbanas, a rede secundária será projetada e construída com condutores nus de alumínio (CA).

Tipos de Projetos

Para facilitar o entendimento dos procedimentos para a elaboração dos projetos nas redes de distribuição primária e secundária, a ESCELSA definiu os tipos de projetos, que se baseiam no motivo principal da sua realização, que poderá ser para adequar tecnicamente as redes ou para a expansão das mesmas com o objetivo de atender pedidos de terceiros e o crescimento de mercado.

Ligação de Clientes (GED 3738)

São aqueles destinados a atender novos consumidores e que implicam no prolongamento das redes de distribuição existentes, e quanto à sua natureza, podem ser:

- Extensão de rede primária para atender cargas industriais localizadas, com fornecimento em média tensão (23 - 13,8 - 11,9 kV) ;
- Extensão de rede primária para atender cargas comerciais localizadas (como shopping centers), com fornecimento em média tensão (23 - 13,8 ou 11,9 kV) ;
- Extensão de rede primária para atendimento de edifícios de uso coletivo ou mistos (23 - 13,8 ou 11,9 kV);
- Extensão de rede primária e secundária para atender ligações em novos loteamentos, pedidos de ligação de terceiros, ou para possibilitar a eletrificação de conjuntos habitacionais, etc ; e
- Extensão de rede secundária para atender novas cargas próximas a redes existentes;

Núcleos Habitacionais e Loteamentos (GED 3735)

Não deixa de ser um projeto de ligação de clientes, porém devido à particularidade desse tipo de atendimento, identificamos como um projeto específico. Quanto a sua natureza podem ser:

- Projetos de núcleos habitacionais horizontais.
- Projetos de loteamentos urbanos ou rurais com características urbanas.

NOTA:

- a) Os núcleos habitacionais se caracterizam por terem todas as casas prontas, cuja ocupação é imediata, diferentemente dos loteamentos, que têm ocupação aleatória, caracterizando-se por haver lotes vagos;
- b) Nos loteamentos, o projeto deve permitir a construção parcial da rede, para o atendimento dos primeiros pedidos de ligação, sem gerar custos adicionais para a ESCELSA, mediante a substituição de materiais recentemente instalados nas primeiras ligações .

Melhoramentos na Rede de Distribuição (GED 3736)

São projetos que visam introduzir modificações significativas nas redes alterando a sua configuração física e elétrica, para atender os seguintes casos:

- Melhoria ou reforma de rede para atender ao crescimento de carga na área, eliminando as suas deficiências técnicas e procurando manter níveis de
 - Melhoramentos de redes com o reforço mecânico das estruturas para que as mesmas possam suportar com segurança os esforços provenientes da ocupação por terceiros, tais como redes das companhias telefônicas,
 - TV's a cabo, redes de sistemas de tróleibus, etc;

Iluminação Pública (GED 3670)

São os projetos que visam atender às solicitações para instalação de materiais de iluminação pública, com ou sem extensão de rede. De um modo geral os projetos de iluminação pública serão ao longo das vias públicas nos postes destinados a sustentar a rede de distribuição. Poderão ser feitos projetos também em praças e jardins ou em logradouros públicos em geral, desde que o material aplicado seja todo padronizado pela ESCELSA .

Projetos de Alimentadores e Ramais (GED 3737)

Os alimentadores podem ser:

- Alimentadores expressos não exclusivos, para atender prioritariamente cargas significativas em áreas industriais ou mesmo para alimentar cargas especiais, como fornos elétricos, etc ;
- Alimentadores que irão energizar as redes de distribuição urbanas a partir das subestações abaixadoras ;
- Alimentadores que possibilitarão a energização de localidades onde não existe subestação;
- Alimentadores propostos para aliviar ou dividir cargas de circuitos sobrecarregados com demanda próxima de sua capacidade térmica ou com queda de tensão elevada; e
- Ramais primários que possibilitarão a energização de transformadores ou de instalações particulares.

Dados Gerais para Projetos nas Redes de Distribuição

Dados Iniciais para o Projeto

Antes do início da elaboração do projeto de rede de distribuição urbana é indispensável a obtenção dos dados que irão subsidiar o projetista na escolha da melhor solução para cada caso, bem como possibilitar a confecção do mesmo.

Planejamento e projetos existentes

Deve ser verificado com outras áreas técnicas da ESCELSA, se há algum planejamento de alimentadores, ramais primários e redes secundárias, ou obra ainda não executada, para aquele local onde está sendo desenvolvido o projeto. Caso não exista o planejamento, o mesmo deve ser elaborado, e servirá de base para o projeto.

Mapas e Cadastros

- a) plantas básicas e com redes de distribuição nas escalas 1:1000 ou 1:5000, conforme o caso, referenciadas ao sistema de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), com a indicação bem clara da direção do Norte Geográfico, seja através de seta, seja através de quadriculas de coordenadas UTM ;
- b) para núcleos habitacionais ou loteamentos, obter cópias das plantas com a dimensão dos lotes e arruamento, inclusive o levantamento topográfico da área (arquivo magnético) com as Prefeituras Municipais ou firmas loteadoras;
- c) para alimentadores, obter projeto unifilar junto à área de Planejamento da ESCELSA.

Outros dados importantes

- a) ter em mãos o documento / solicitação gerador do projeto, determinando o tipo e forma de atendimento;
- b) verificar se é consumidor em mudança de endereço, com ou sem variação de carga;
- c) analisar o envolvimento de outros órgãos externos (Companhias Telefônicas, TV a Cabo, rodovias, ferrovias, Aeronáutica, Marinha, IBAMA, Prefeitura, GRAPOHAB, etc) ou internos que envolvam usinas, subestações ou linhas de transmissão;

d) para melhoramentos, analisar as reclamações (quando necessário), através de medições gráficas e instantâneas, e pesquisar as interrupções de energia do local ;

e) para atendimento a Companhias Telefônicas e TV a Cabo, obter dados de tração dos cabos a serem instalados nos postes da ESCELSA, bem como o projeto de ocupação, com indicação dos postes a serem ocupados, conforme norma específica.

Levantamento de Campo

O projetista deve fazer o levantamento de campo, somente após a elaboração do projeto preliminar, através de análise dos dados existentes nos arquivos e mapas, fazendo-se simultaneamente a viabilidade projeto.

a) confrontar dados dos mapas com o real encontrado em campo, verificando as redes primária e secundária, consumidores existentes, faseamento, postes, estais, transformadores, etc ;

b) avaliar o estado físico dos materiais (postes, cruzetas, cabos, ramais de ligação, conexões, etc.) ;

c) avaliar os consumos (kWh) altos, apurando possíveis cargas elevadas com pouco tempo de uso e baixo consumo ou cargas pequenas com grande tempo de uso e alto consumo, por exemplo: motores de bombas d'água, máquinas de solda, residências com oficinas de "fundo de quintal", etc. ;

d) observar as construções em andamento, terrenos vagos, perfil de renda dos consumidores existentes, mudança de padrão e/ou tipo de construções, tais como de residências para comércio, de residências para edifícios de uso coletivo, etc. ;

e) verificar a existência de equipamentos de terceiros nos postes da ESCELSA, identificando sua propriedade (Companhias Telefônicas, TV a Cabo, entrada subterrânea, sinaleiros, etc.) ;

f) verificar a existência de cargas que causam perturbação nas redes de distribuição, tais como: motores acima de 5 CV, Raio X, máquina de solda e forno a arco ;

g) verificar a existência de árvores, marquises, fachadas, sacadas, acidentes geográficos e a topografia do local ;

h) verificar o tipo e a largura do passeio onde se irá propor instalação, retirada, ou reinstalação de postes, estruturas e aterramentos, prevendo a recomposição do passeio e escolhendo as estruturas que possibilitem a manutenção dos afastamentos mínimos entre rede elétrica e construções ;

i) verificar a existência de construções subterrâneas, tais como redes de água, esgotos, águas pluviais, redes telefônicas, etc. ;

j) verificar os equipamentos e chaves instalados nos postes, assim como as características mecânicas e alturas dos postes; e

k) verificar a existência de guias e sarjetas ou se o alinhamento do arruamento está definido pela Prefeitura Municipal, caso contrário, o projeto deverá ser encaminhado ao órgão competente da mesma, para aprovação e definição em campo através de estacas.



OBRIGADO

CONTINUE ESTUDANDO



INEPROTEC