

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CAMPUS JARAGUÁ DO SUL**

Gustavo Henrique Rosa dos Santos

Kevin Cavichioli

Matheus Schmitt

Vinicius de Moraes

Vitor Gabriel de Oliveira

Willian Matos Cabral

**ESTUDO DE VIABILIDADE DO USO DE GERADOR DE ENERGIA ELÉTRICA NO  
IFSC CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL**

JARAGUÁ DO SUL  
2017

Gustavo Henrique Rosa dos Santos

Kevin Cavichioli

Matheus Schmitt

Vinicius de Moraes

Vitor Gabriel de Oliveira

Willian Matos Cabral

## **ESTUDO DE VIABILIDADE DO USO DE GERADOR DE ENERGIA ELÉTRICA NO IFSC CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL**

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo formativo diversificado “Conectando os Saberes” do Curso Técnico em Química (Modalidade: Integrado) do Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Jaraguá do Sul.

Orientador: Dr. Jaison Vieira da Maia

Coordenadora: Msc. Aline Gevaerd Krelling

JARAGUÁ DO SUL

2017

## Resumo

Com o tema “Estudo de viabilidade do uso de geradores de energia elétrica no IFSC Câmpus Jaraguá do Sul”, a presente pesquisa objetiva avaliar um gerador de energia elétrica que possa suprir de forma parcial a energia consumida pelo câmpus. Para isso selecionou-se possíveis geradores que podem ter viabilidade, sendo que os mesmos foram analisados segundo critérios estabelecidos: dimensão, poluição sonora, emissão de poluentes e gastos com combustível. Com a escolha do sistema fotovoltaico como o sistema mais adequado a realidade local para geração de energia, segundo os critérios estipulados, fez-se uma análise econômica junto as empresas de instalação de equipamentos solares da região. O que pôde se observar é a viabilidade desse tipo de sistema, que conforme o equipamento analisado se pagará em pouco mais de três anos. O sistema fotovoltaico tem a vantagem ainda de não emitir ruído, não necessitar de combustível fóssil, e ter baixa manutenção. Diante do exposto, vale destacar que seria adequado consultar mais empresas da região, e também, analisar a ampliação da capacidade de produção estipulada inicialmente. Outra novidade interessante seria estudar o sistema implantado no IFSC câmpus Rau, uma vez que é nosso câmpus irmão, e a pouco tempo antes da finalização dessa pesquisa, instalou um sistema fotovoltaico de geração de energia solar.

**Palavras-chave:** Gerador de energia elétrica. Sistema fotovoltaico. Energia solar.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gerador de corrente alternada	12
Figura 2 - Motor de combustão interna ciclo Otto	14
Figura 3 - Ciclo Diesel 4 tempos	17
Figura 4 - Ciclo Turbina a gás	18
Figura 5 - Ciclo vapor de cilindro	19
Figura 6 - Motor Stirling Alfa	21
Figura 7 - Motor Stirling Beta	22
Figura 8 - Motor Stirling Gamma	23
Figura 9 - Energia perdida sem cogeração 1	24
Figura 10 - Energia perdida sem cogeração 2	25
Figura 11 - Composição do painel fotovoltaico	26
Figura 12 - Gerador eólico de eixo vertical	27
Figura 13 - Gerador eólico de eixo horizontal	27
Figura 14 - Irradiação solar no Brasil.	45

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Verba orçamentária recebida pelo câmpus entre 2015 e 2018	8
GRÁFICO 2 - Gastos elétricos nos anos de 2015 e 2016	34
GRÁFICO 3 - Média de gastos elétricos de 2015 e 2016	34
GRÁFICO 4: Média de consumo de energia mensal de 2015 e 2016.	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Países com elevado percentual de uso de energia nuclear	28
Tabela 2 - Equipamentos elétricos no campus IFSC-jar	35
Tabela 3 - Escala Likert para os geradores selecionados	44
Tabela 4 - Dimensões dos blocos do câmpus	51

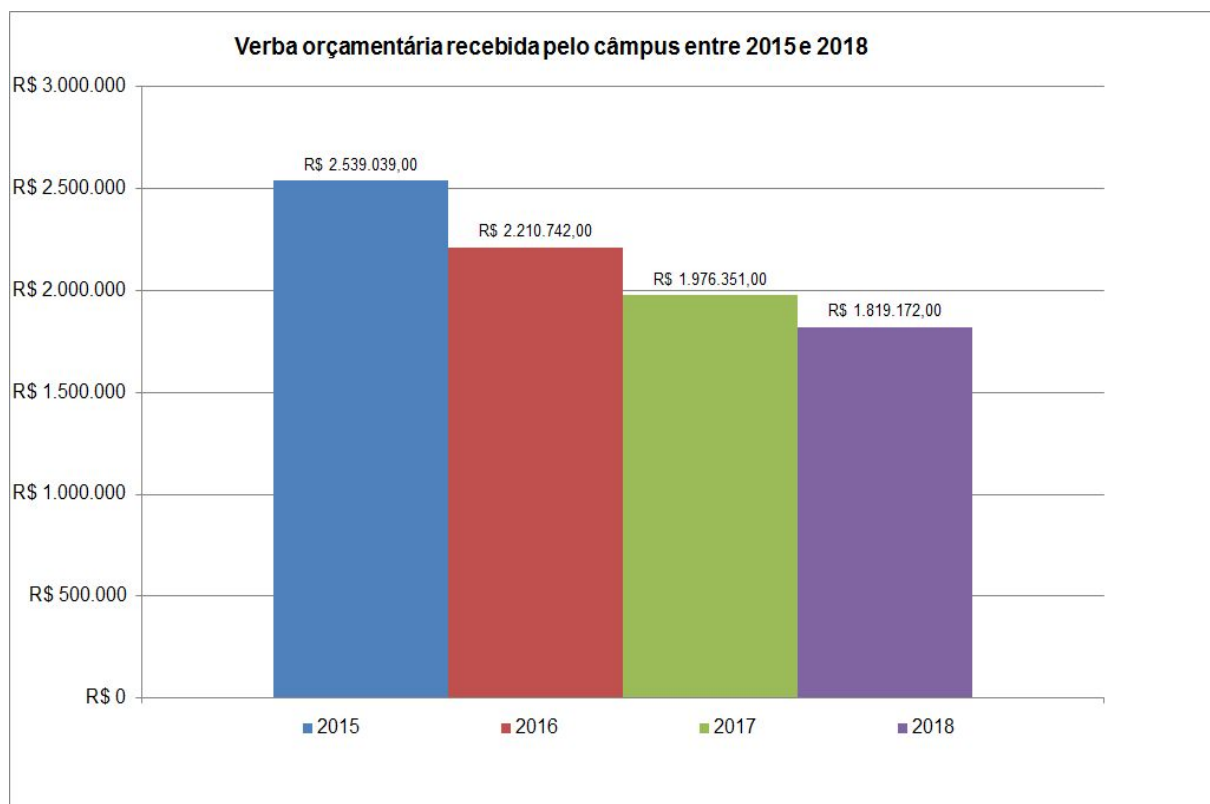
## Sumário

<b>1 Introdução</b>	8
<b>2 Revisão bibliográfica</b>	10
2.1 Energia no Brasil	10
2.2 Conversão Energética	11
2.3 Ciclos de geração de energia a combustão interna	13
2.3.1 Ciclo Otto	13
2.3.2 Ciclo Diesel	15
2.3.3 Turbina a Gás	18
2.4 Ciclos de Geração de Energia a Combustão Externa	18
2.4.1 Ciclo de Vapor de Cilindros	19
2.4.2 Ciclo Stirling	20
2.4.3 Ciclo Vapor de Turbina ou Sistema de cogeração	23
2.5 Painel fotovoltaico	25
2.6 Gerador de Energia Eólica	26
2.7 Geração de Energia Nuclear	28
<b>3 Metodologia</b>	29
3.1 Critérios de avaliação	30
3.2 Escala Likert	32
<b>4 Resultados e Discussões</b>	33
4.1 Cálculo para estipulação da demanda do gerador	33
4.2 Escala para análise dos geradores	43
4.2.1 Dimensões para a demanda estipulada	44
4.2.2 Poluição sonora	46
4.2.3 Poluição atmosférica	47
4.2.4 Despesas com combustível	48
4.3 Resultado da tabela	50
4.3.1 Espaço disponível para implantação do gerador	50
4.3.2 Pesquisa de geradores no mercado	51
<b>5 Considerações Finais</b>	53
<b>6 Referências</b>	55

## 1 Introdução

Desde 2015 às verbas para o câmpus Jaraguá do Sul - Centro do Instituto Federal de Santa Catarina vem sendo reduzidas. Como mostrado no Gráfico 1. Assim, a redução com alguns gastos, como no caso da energia elétrica, são uma alternativa para que o câmpus possa continuar funcionando nas mesmas condições.

Gráfico 01 - Verba orçamentária recebida pelo câmpus entre 2015 e 2018



Fonte: Elaborado pelo grupo.

Desde o ano passado (2015), instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) trabalham com cortes orçamentários. A previsão é de que os institutos federais tenham que lidar com um orçamento menor que o de 2015, mesmo tendo, no total, 100 mil matrículas a mais que naquele ano. Paralelamente a isso, algumas normas recentes têm restringido ainda mais as possibilidades de gastos das instituições (IFSC, 2016).

Como os câmpus dos Institutos Federais de Santa Catarina administram seus recursos internamente, e sendo que boa parte da verba recebida é utilizada para o pagamento de contratos terceirizados, como é o caso do fornecimento da energia elétrica paga a CELESC, reduzir esses contratos terceirizados é uma estratégia para que esses recursos sejam aplicados em outros pontos da instituição.

Entre as ações criadas com o intuito de otimizar o uso dos recursos financeiros, está a implantação de usinas de painéis fotovoltaicos para reduzir o consumo de energia elétrica fornecida pela Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC). Como é o caso de alguns câmpus da rede de Institutos Federais.

Como exemplo temos o Instituto Federal do Sul de Minas (IFSULDEMINAS):

Na manhã desta quinta-feira, 22 de setembro, o reitor do IFSULDEMINAS , professor Marcelo Bregagnoli, assinou contrato com a empresa Silveira Engenharia e Construções LTDA, para a implantação de usinas fotovoltaicas destinadas à geração de energia na instituição. A empresa contratada é uma das ganhadoras do processo licitatório para a escolha dos responsáveis pela execução do projeto IF Solar, cujo objetivo é implantar painéis solares fotovoltaicos para geração de energia elétrica em 82 unidades da Rede Federal de Educação, Profissional, Científica e Tecnológica.(IFSuldeminas, 2016).

Projetos como esses já são realidade no Brasil, e sua utilização pode beneficiar não somente o campus, que consegue reduzir o gasto orçamentário com energia elétrica, aplicando esse recurso em outras ações.

Assim através deste trabalho se buscará esclarecer dúvidas com respeito ao uso de geradores, mostrando as análises que se conseguiu com cada gerador analisado. E por fim, será identificado qual gerador se encaixa melhor com a situação atual do câmpus, sempre objetivando a redução de gastos com energia elétrica.

É nesse cenário que este projeto se justifica, analisando a viabilidade de implantação de um sistema de geração de energia elétrica que possa contribuir com o câmpus de forma econômica e ambiental.

## **2 Revisão bibliográfica**

A seguir se dá um breve resumo da energética brasileira, suas especificidades e como a energia elétrica é transformada e gerada, seguindo-se da explanação do funcionamento de cada sistema de geração de energia estudado nessa pesquisa.

### **2.1 Energia no Brasil**

A produção de energia elétrica no Brasil sempre proveu principalmente de hidrelétricas, já que este é um país com grande quantidade de recursos hídricos. De acordo com José Goldemberg e Oswaldo Lucon “é modesta a contribuição do carvão, já que o país dispõe de poucas reservas e elas são de baixa qualidade”. Em 2006 o número de usinas hidrelétricas em funcionamento no Brasil era de 433 usinas, a maior delas, Itaipu Binacional, localizada nos municípios de Foz do Iguaçu, no Brasil, e Ciudad del Este, no Paraguai. A usina hidrelétrica de Itaipu supre cerca de 17% da demanda energética do Brasil e aproximadamente 76% do Paraguai.

No Brasil, cerca de 90% da eletricidade produzida provém de hidrelétricas. A razão que justifica esse tipo de energia advém do fato de se considerar a energia hidrelétrica como uma fonte de energia limpa. Teoricamente é um argumento aceitável, ou seja, elas não poluem a atmosfera em âmbito geral, ou seu entorno, como ocorre com as usinas termelétricas, que se utilizam de combustíveis fósseis tais como carvão e gás natural. (SOUZA, 2010. p 70, apud BUSTAMANTE, 2016. p 167)

A energia elétrica proveniente das usinas hidrelétricas é considerada uma energia renovável, já que os recursos utilizados para a geração de energia são naturalmente reabastecidos. Como essas usinas não possuem custos com combustíveis, a energia gerada pelas mesmas, tem um preço mais baixo em comparação a outras formas de geração, por esse motivo, apesar da usina possuir um elevado custo de instalação, para um país que é banhado por imensos rios, esta torna-se uma fonte de energia altamente viável.

Apesar dessas vantagens, as hidrelétricas causam um grande impacto socioambiental. Para a instalação de usinas desse tipo, é necessário construir enormes barragens que retêm o curso do rio e causam o alagamento de grandes áreas, acarretando em problemas como o assoreamento do leito dos rios, extinção de algumas espécies de peixes, destruição da vegetação natural e o desmoronamento de barreiras, muitas vezes também, deslocando a população que vivia na beira do rio.

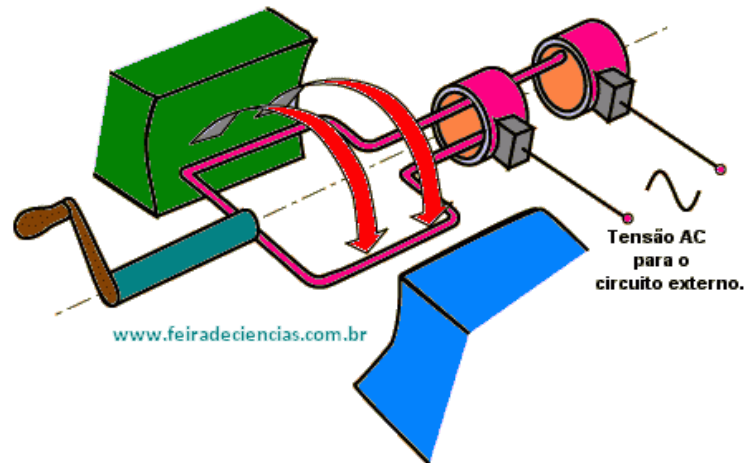
## **2.2 Conversão Energética**

Michael Faraday e Joseph Henry, no ano de 1831, provaram que essa conversão era possível. O gerador mais simples é composto por uma espira plana que se move sob a ação de um campo magnético, a espira rotaciona de forma perpendicular às linhas de forças do campo. Este movimento resulta em uma força eletromotriz devido a variação do fluxo que atravessa a espira, assim é produzida uma corrente alternada.

Existem dois tipos de corrente elétrica: contínua (CC) e a alternada (CA). A corrente contínua é denominada assim pois o fluxo de elétrons se dá somente em um sentido. Queiroz (2014 p. 5) nos diz que a Corrente é contínua porque os elétrons são mandados continuamente sem parar. Já a Corrente Alternada os elétrons mudam constantemente de sentido no sistema, no Brasil, essa oscilação de sentido ocorre aproximadamente 60 vezes por segundo, 60 Hertz (Hz).

Este é o princípio básico para a geração de corrente alternada, na figura 01, pode-se entender como é o sistema.

Figura 01 - Gerador de corrente alternada



Fonte: Geradores de Energia Elétrica. Disponível em: <[http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/image13/13\\_T02\\_06.gif](http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/image13/13_T02_06.gif)>. Acesso em: 24 de junho de 2017.

As usinas elétricas atuais usam como meio transporte energético a corrente alternada, e isso vem de um evento que ficou conhecido Guerra das Correntes e protagonizou Thomas Edison que defendia a corrente contínua e Nikola Tesla que por sua vez queria mostrar que a corrente alternada era mais viável.

Edison o inventor da lâmpada elétrica deu origem a uma usina que utilizava CC para propagação da energia, hoje em dia não se usa mais CC pois possui algumas limitações, visto que não se pode transmitir para muito longe pela grande perda via dissipação de calor, e seria necessário muitas usinas elétricas espalhadas pela cidade. Nikola Tesla, criador das Bobinas de Tesla, apresenta então a CA, que até então era desconhecida mas que se mostrava melhor já que tinha um maior alcance. Thomas então começa fazer jogadas e dizer que corrente alternada era perigoso e não poderia ser usada, chegando ao ponto de eletrocutar cachorros, entretanto foi calado pelo próprio Tesla que fez uma demonstração deixando a energia passar pelo seu corpo usando uma espécie de armadura.

Por motivos econômicos, a corrente alternada é utilizada para a transmissão de energia as cidades, possibilitando que as usinas fornecedoras sejam afastadas da cidade.

## **2.3 Ciclos de geração de energia a combustão interna**

A seguir apresentam-se as principais formas de gerar energia elétrica pela combustão interna, aqui, não são apresentadas todas as formas de geração de energia, apenas os mais comuns.

Nestes ciclos, a queima do combustível se dá em um sistema fechado dentro do motor, o local em que essa queima ocorre é geralmente denominado de câmara de combustão.

Nos ciclos que utilizam pistões, a posição dos mesmos tem maior relevância em dois pontos.

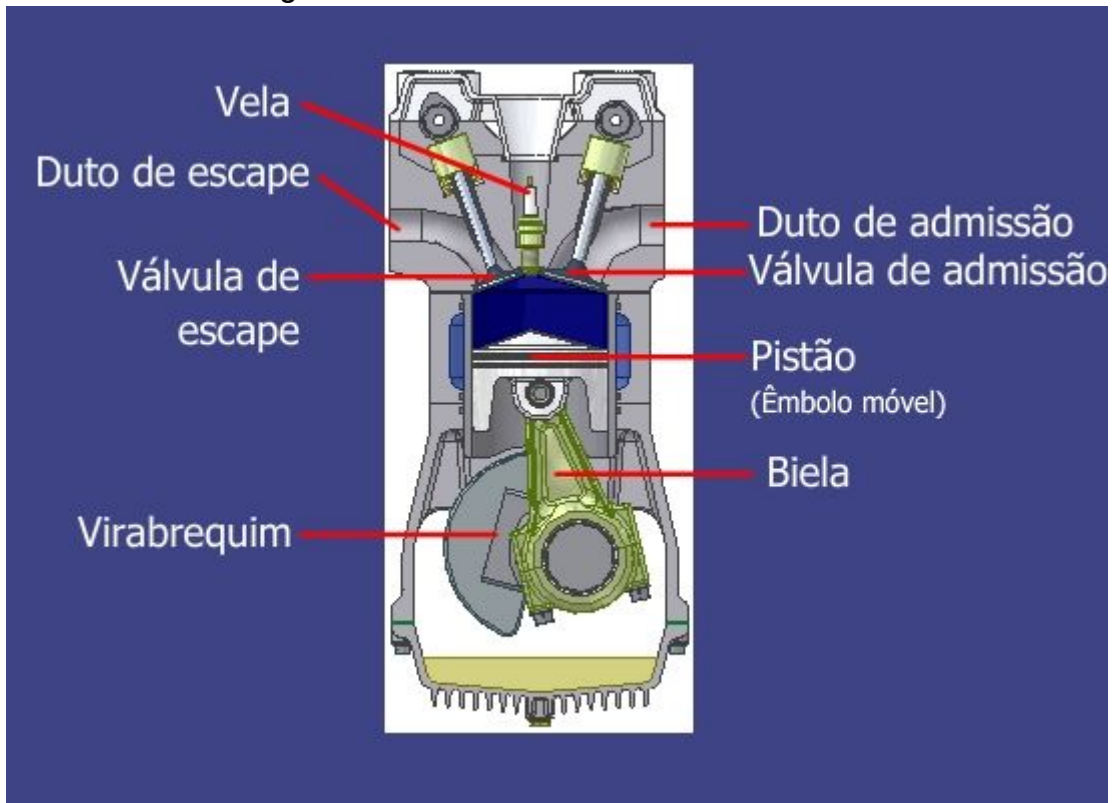
O ponto morto superior (PMS) é quando o pistão está na maior distância possível do eixo virabrequim, conseqüentemente gerando o menor volume dentro do cilindro.

No ponto morto inferior (PMI) o pistão está na posição mais próxima do virabrequim, resultando no maior volume dentro do cilindro.

### **2.3.1 Ciclo Otto**

Segundo Schulz (2009) este ciclo de 4 tempos funciona do seguinte modo:

Figura 02 - Motor de combustão interna ciclo Otto



Fonte: Schulz (2009) disponível em [http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/motores4t\\_etapas.htm](http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/motores4t_etapas.htm). Acesso em: 28 de maio de 2017.

O primeiro tempo do motor se chama admissão, o pistão se move do PMS ao PMI ( $0^\circ - 180^\circ$ ), as válvulas de admissão são abertas e assim uma mistura ar + combustível entra no cilindro.

No segundo temos a compressão, onde o pistão vai do PMI para o PMS ( $180^\circ - 360^\circ$ ), comprimindo a mistura ar + combustível na câmara de combustão.

A próxima etapa se denomina explosão ou combustão, ao término da compressão um dispositivo elétrico emite uma centelha que inflama a mistura fazendo com que ela se expanda, exercendo força sobre pistão, este que se move do PMS para o PMI ( $360^\circ - 540^\circ$ ).

Na última etapa ocorre a exaustão ou escape, o pistão se move do PMI ao PMS ( $540^\circ - 720^\circ$ ), as válvulas de escape se abrem e os gases provenientes da queima da mistura são expulsos do cilindro devido ao movimento ascendente do pistão. Após isso o ciclo é reiniciado.

Outro tipo de Ciclo Otto é o de 2 tempos, que diferentemente do ciclo de 4 tempos, necessita apenas de uma volta do eixo virabrequim ( $360^\circ$ ). Normalmente os motores que operam com o ciclo de 2 fases não possuem válvulas, eliminando o uso de mecanismos para o controle e sincronização das mesmas. O processo de admissão e escape ocorre através de janelas de transferências situadas nas paredes do cilindro. O cárter possui dimensões reduzidas, e recebe uma mistura ar + combustível e óleo lubrificante, o cárter deve ser cuidadosamente vedado, pois nele há uma pré-compressão da mistura.

No primeiro tempo, o pistão se dirige ao PMS ( $0^\circ - 180^\circ$ ), comprimindo a mistura ar + combustível, as janelas de escape e admissão são fechadas pelo movimento do pistão. Devido ao movimento do êmbolo, gera-se uma baixa pressão dentro do cárter, desta forma, a diferença de pressão faz com que uma nova mistura ar + combustível e óleo lubrificante entre no cárter para ser utilizada durante o próximo ciclo.

Momentos antes de o pistão atingir o PMS, a vela gera uma centelha, provocando a combustão da mistura e criando uma força sobre o pistão, dando assim início ao segundo tempo.

No segundo tempo, a força de expansão gerada pela queima da mistura faz com que o pistão se mova para o PMI ( $180^\circ - 360^\circ$ ). As janelas de admissão e escape são descobertas pelo pistão, dando vazão aos gases gerados pela combustão. A mistura ar + combustível e óleo lubrificante que foi admitida no cárter no primeiro tempo, entra no cilindro através da janela de admissão, expulsando o resto dos gases gerados pela queima do combustível (lavagem), e assim preparando o motor para iniciar o ciclo novamente.

Os combustíveis mais utilizados no motores de ciclo Otto são a gasolina, etanol, metanol e o gás natural.

### **2.3.2 Ciclo Diesel**

Em um ciclo de 4 tempos, são necessárias 2 voltas do virabrequim ( $720^\circ$ ) para o ciclo se completar.

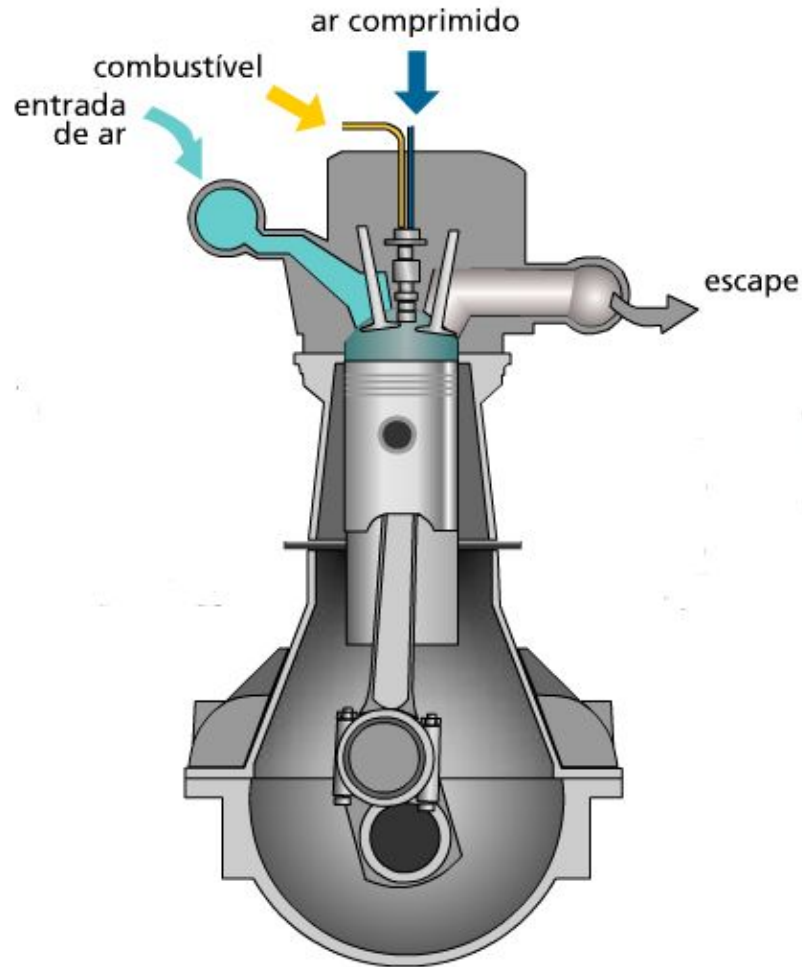
No primeiro tempo, o pistão se desloca do PMS para o PMI ( $0^\circ - 180^\circ$ ), e as válvulas de admissão se abrem, ocorrendo a admissão de ar no cilindro. No ciclo Diesel, a quantidade de ar admitida é sempre a mesma, independente da potência utilizada.

No segundo tempo, o pistão se desloca do PMI para o PMS ( $180^\circ - 360^\circ$ ), as válvulas de admissão se fecham e o ar dentro do cilindro é comprimido até ocupar o volume da câmara de compressão. Nos motores de ciclo Diesel, o volume ocupado pelo ar na câmara de compressão é de, em média, 20 vezes menor do que o volume total do cilindro, ou seja, o motor possui uma taxa de compressão de 20:1. Ao final da compressão, o bico injetor injeta combustível na câmara de combustão, iniciando a terceira fase do ciclo.

No terceiro tempo, o combustível injetado na câmara de combustão se incinera devido a alta temperatura do ar. A queima do combustível gera uma força de expansão, que move o pistão do PMS para o PMI ( $360^\circ - 540^\circ$ ), essa é a única fase onde é transmitido trabalho para o pistão, durante as outras fases o pistão se move pela força de inércia.

No quarto tempo, o pistão se move do PMI para o PMS ( $540^\circ - 720^\circ$ ), às válvulas de escape se abrem e os gases gerados na queima do combustível são empurrados pelo pistão para fora do cilindro. Quando o pistão atinge o PMS as válvulas de escape se fecham. Após isso, o ciclo reinicia a partir do primeiro tempo. A Figura 03 a seguir representa o esquema onde ocorrem os ciclos.

Figura 03 - Ciclo Diesel 4 tempos



Fonte: [http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo\\_diesel.htm](http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo_diesel.htm). Acesso em: 28 de maio de 2017.

Em um ciclo de dois tempos, admissão e escape ocorrem ao mesmo tempo, assim como a compressão e combustão, para o ciclo se concluir é necessária apenas uma volta do virabrequim ( $360^\circ$ ). Nos motores ciclo Diesel de dois tempos, as paredes do cilindro possuem uma fileira de janelas para a admissão de ar.

Durante o primeiro tempo, o pistão em movimento descendente ( $0^\circ - 180^\circ$ ), descobre as janelas de admissão, deixando o ar entrar, o ar que entra expulsa os gases gerados pela queima no ciclo anterior, através de uma válvula de escape.

No segundo tempo, o pistão em movimento ascendente ( $180^\circ - 360^\circ$ ) fecha as janelas de admissão, a válvula de escape também é fechada. O ar dentro do cilindro é comprimido. Pouco antes do pistão atingir o PMS, é injetado combustível, que

inflama ao entrar em contato com o ar aquecido durante a compressão. A queima do combustível empurra o pistão para baixo, reiniciando o ciclo de dois tempos.

### **2.3.3 Turbina a Gás**

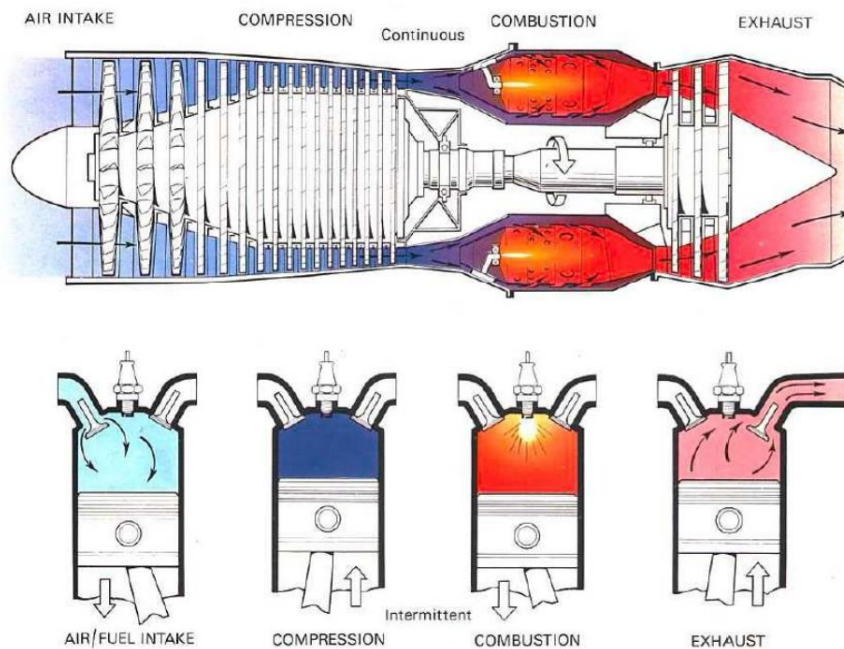
As turbinas a gás utilizadas na geração de energia elétrica possuem um eixo ligado a um gerador. As turbinas de um eixo possuem o seguinte princípio de funcionamento: o ar é aspirado e comprimido pelo compressor do motor; devido à compressão, o ar é aquecido, e direcionado a câmara de combustão, onde é injetado combustível, que devido à alta temperatura do ar, se incinera; a queima do combustível gera gases quentes que se expandem, passando pela turbina, desta forma é gerado o movimento de rotação, que fornece potência para o compressor e gera potência útil. Este processo é denominado de Ciclo Brayton.

A eficiência das turbinas a gás modernas tem alcançado uma média de 45% com uma temperatura de chama de 1400°C (RIO, 2017).

Abaixo está a Figura 04 demonstrando como a turbina funciona, comparando seu funcionamento com um motor de ciclo Otto.

Turbina ALSTOM GT10

Figura 04: Ciclo Turbina a gás



Fonte: [http://www.fem.unicamp.br/~franklin/ES672/pdf/turbina\\_gas.pdf](http://www.fem.unicamp.br/~franklin/ES672/pdf/turbina_gas.pdf). Acesso em: 03 de junho de 2017.

## 2.4 Ciclos de Geração de Energia a Combustão Externa

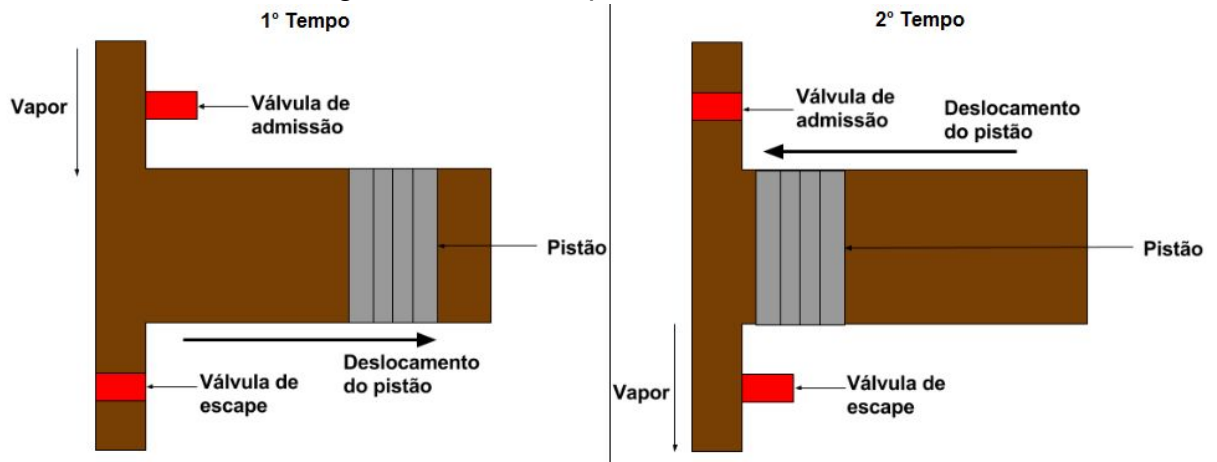
Como no capítulo anterior, apenas o ciclo mais comum de cada gerador de energia elétrica por combustão externa aparecerá neste item.

Neste tipo de ciclo, a queima do combustível ocorre em um local fora do motor, não havendo a compressão do combustível.

Ao analisar a Figura 05, observamos como o ciclo ocorre nos motores a vapor de cilindro.

### 2.4.1 Ciclo de Vapor de Cilindros

Figura 05 - Ciclo vapor de cilindro



Fonte: Elaborado pelo grupo.

No primeiro tempo, o pistão se desloca do PMS para o PMI ( $0^\circ - 180^\circ$ ), fecha-se a válvula de escape abre-se a de admissão de vapor, onde o vapor pressurizado realiza trabalho sobre o pistão, deslocando-o para o próximo tempo.

No segundo tempo, o pistão se desloca do PMI para o PMS ( $180^\circ - 360^\circ$ ), a válvula de admissão se fecha e a válvula de escape de vapor se abre, permitindo o vapor expandir-se para o ambiente, o pistão retorna para o ponto inicial por inércia, despressurizando o cilindro e recomeçando o ciclo.

#### 2.4.2 Ciclo Stirling

Apesar de haverem três configurações dos motores stirling, Alfa, Beta e Gamma, seus ciclos se dão de forma semelhante.

O ciclo se dá em 4 tempos, expansão, transferência, compressão, transferência.

No primeiro tempo, o fluido de trabalho entra na área quente e sofre uma dilatação ao ser aquecido pelo cilindro, empurrando o pistão, e assim, produzindo trabalho.

No segundo tempo, o pistão onde ocorre a expansão retorna ao seu ponto inicial e o fluido é transferido em direção a área fria somente por inércia, ou seja, não há produção de trabalho.

No terceiro tempo, o fluido entra na área fria e passa então por uma rápida perda de energia térmica para o cilindro, resultando em uma descompressão e levando a atmosfera a impelir o pistão para seu ponto inicial, produzindo trabalho novamente.

O último tempo é semelhante ao segundo, o fluido desloca-se para a área quente, recomeçando o ciclo, não há produção de trabalho novamente.

### **Alfa:**

Este formato possui dois cilindros separados, um quente e outro frio, além de ser o mais simples dos tipos de motores Stirling, proporciona um grande isolamento térmico entre os cilindros.

Figura 06 - Motor Stirling Alfa



Fonte:

[http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28229/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Jo%C3%A3oCosta\\_2013.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28229/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Jo%C3%A3oCosta_2013.pdf). Acesso em: 04 de junho de 2017.

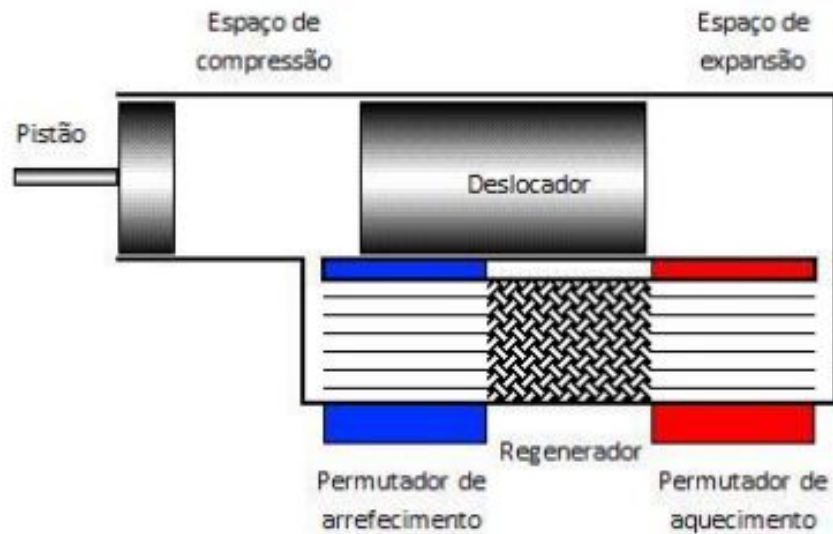
### **Beta:**

A configuração beta possui somente um cilindro e um pistão de trabalho, um deslocador faz a transferência do fluido da área quente para a área fria.

Segundo Hirata (1995, apud Barros, 2008, p. 46), Pela sobreposição entre cada movimento de ambos os pistões, uma taxa de compressão maior do motor é obtida, e pode-se obter maior potência que o motor Stirling tipo Gama. Entretanto, as

hastes do deslocador e do pistão de trabalho estão alinhadas, o que torna o mecanismo complicado.”

**Figura 07 - Motor Stirling Beta**

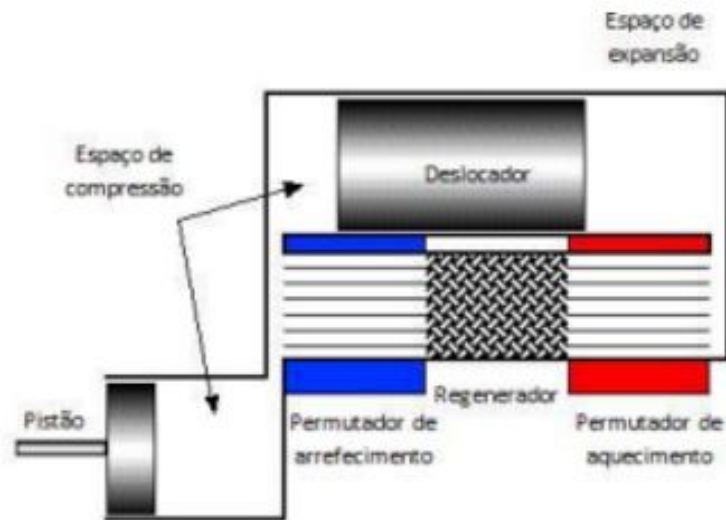


Fonte: [http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28229/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Jo%C3%A3oCosta\\_2013.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28229/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Jo%C3%A3oCosta_2013.pdf). Acesso em: 04 de junho de 2017.

### **Gamma:**

Este possui um formato semelhante ao beta, com a diferença que o pistão e o deslocador possuem cilindros próprios, ou seja, dois cilindros, simplificando a parte mecânica.

Figura 08 - Motor Stirling Gamma



Fonte:

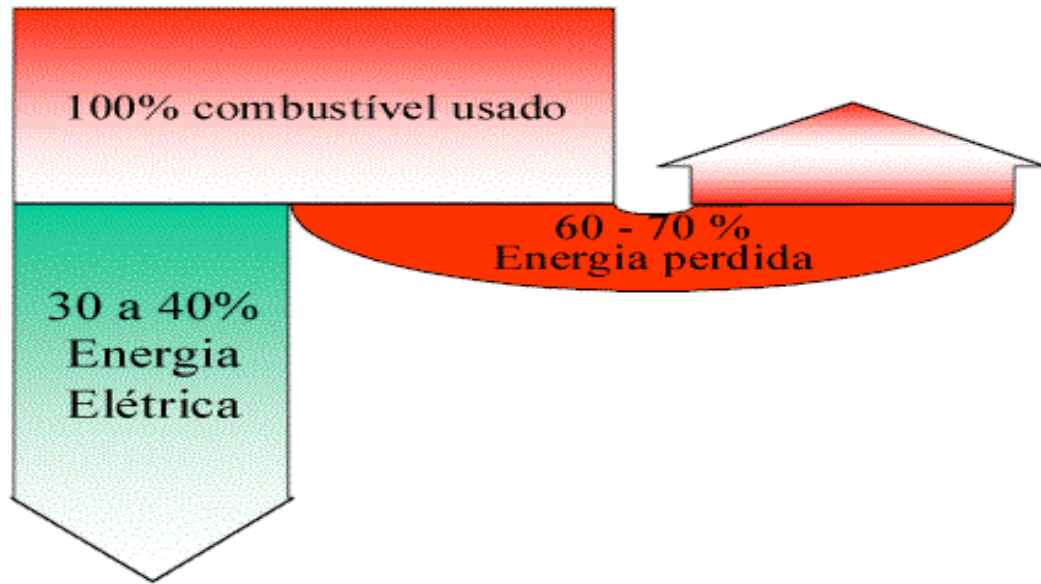
[http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28229/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Jo%C3%A3oCosta\\_2013.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28229/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Jo%C3%A3oCosta_2013.pdf). Acesso em: 04 de junho de 2017.

### 2.4.3 Ciclo Vapor de Turbina ou Sistema de Cogeração

Todos os geradores que se utilizam da queima de um combustível possuem uma perda de energia, uma parte da energia do combustível é perdida em forma de calor, uma forma de aproveitar esse calor, aumentando a quantidade de energia adquirida da mesma quantidade de combustível, é aliar o gerador a um segundo, este, que funciona somente com calor. Até a década de 40 era bastante utilizada, porém a evolução das técnicas de geração centralizada de energia fez a cogeração perder espaço, porém atualmente com a evolução das técnicas de cogeração tornando a mais fácil, segura e barata tornou-se uma aposta novamente, principalmente entre as empresas que querem aliar benefícios econômicos com ambientais.

Apesar do ciclo Otto ser eficiente, com as melhores tecnologias apenas cerca de 35 % da energia contida no combustível é aproveitado, o restante se perde em forma de calor.

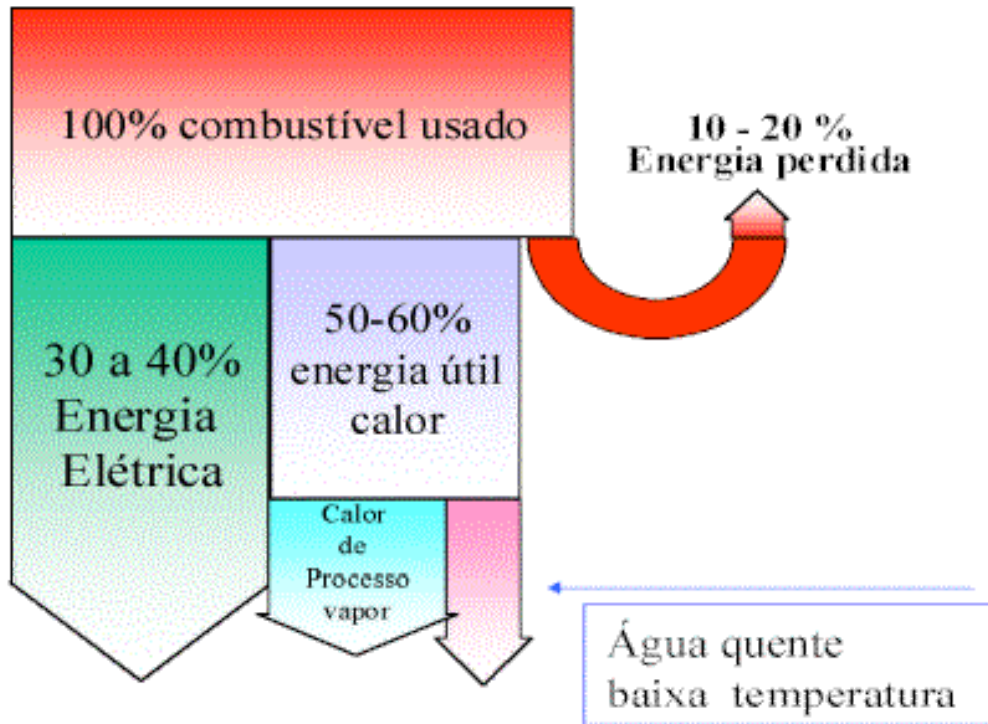
Figura 09 - Energia perdida sem cogeração 1



Fonte: **O QUE É COGERAÇÃO**. Disponível em:  
<[http://www.inee.org.br/forum\\_co\\_geracao.asp](http://www.inee.org.br/forum_co_geracao.asp)>. Acesso em: 20 nov. 2017.

Com a implantação de um sistema de cogeração esse aproveitamento pode ser aumentado em até 85 %.

Figura 10 - Energia perdida com cogeração 2



Fonte: **O QUE É COGERAÇÃO**. Disponível em:  
<[http://www.inee.org.br/forum\\_co\\_geracao.asp](http://www.inee.org.br/forum_co_geracao.asp)>. Acesso em: 20 nov. 2017.

Porém não existe uma proporção certa a cerca da porcentagem que aumentaria em relação à eficiência. Por esse motivo não convém do grupo tratar desse sistema neste trabalho.

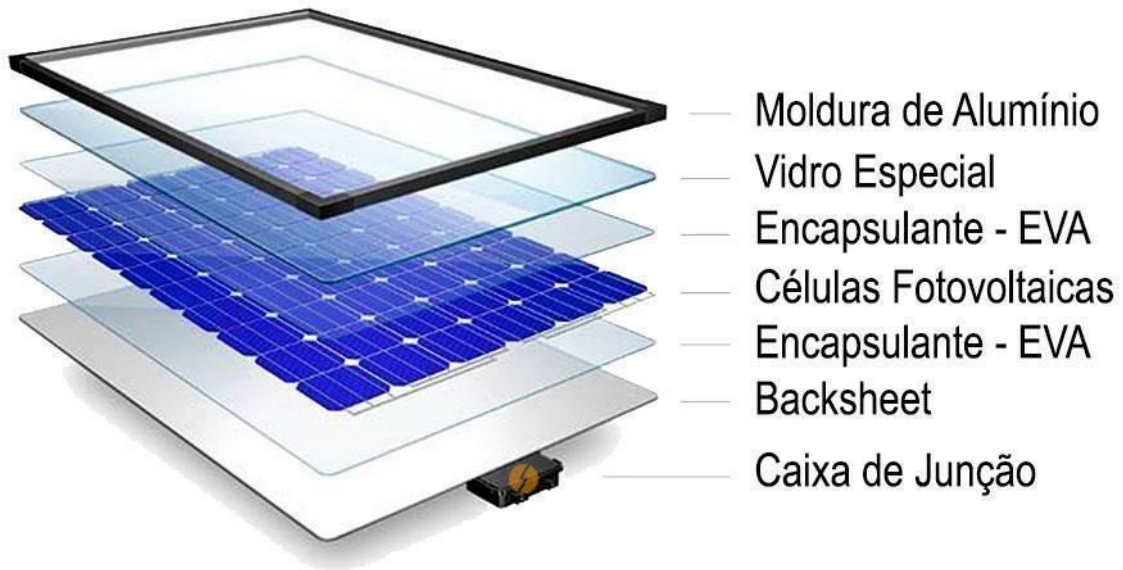
## 2.5 Painel fotovoltaico

Os painéis fotovoltaicos são constituídos de células, elas são constituídas por materiais semicondutores, sendo geralmente utilizado o silício. Esses materiais precisam absorver uma vasta gama do espectro solar.

Para que o processo funcione, as células devem ser compostas por dois tipos diferentes de silício, um para criar cargas negativas e outro para cargas positivas. As partes responsáveis pelas cargas negativas são feitas de silício combinado com boro, já as que criam as cargas positivas possuem silício combinado com fósforo.

Os fótons atingem as placas fotovoltaicas fazendo com que elétrons do silício se soltem e circulem através de uma corrente elétrica até uma parte do silício com ausência de elétrons. Durante o dia os elétrons fluirão, formando assim uma corrente elétrica. Na Figura 11 temos a representação da composição do painel fotovoltaico.

Figura 11 - Composição do painel fotovoltaico



Fonte: <http://www.portalsolar.com.br/passa-a-passo-da-fabricacao-do-painel-solar.html>. Acesso em: 13 de abril de 2017.

## 2.6 Gerador de Energia Eólica

Os geradores eólicos são constituídos por duas partes principais, a torre e o rotor. A torre é a estrutura que sustenta o gerador, deve ser bem projetada, já que está sujeita a grandes esforços devido à força axial exercida pelas hélices.

O rotor é a parte responsável por capturar a energia cinética proveniente dos ventos e transmiti-la a um gerador elétrico. Existem duas formas básicas para o design de uma turbina eólica: turbinas de eixo vertical e turbinas de eixo horizontal.

As turbinas de eixo vertical (Figura 12) são utilizadas em sistemas de baixa potência e ocupam pouco espaço, porém são pouco eficientes, não conseguindo um bom aproveitamento da força do vento e necessitam de um alto torque para a partida.

Figura 12 - Gerador eólico de eixo vertical



Fonte:

<http://www.dinamicambiental.com.br/blog/sustentabilidade/confira-funciona-turbina-eolica-eixo-vertical/>. Acesso em: 02 de junho de 2017.

As turbinas de eixo horizontal (Figura 13) são as mais utilizadas nos geradores modernos, tanto para pequenas como para grandes potências. Seus modelos podem variar, sendo de uma, duas ou três pás, e de múltiplas pás.

Figura 13 - Gerador eólico de eixo horizontal



Fonte:

<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2015/07/bons-ventos-para-fabricantes-de-pecas-para-energia-eolica/26649>. Acesso em: 03 de junho de 2017.

## 2.7 Geração de Energia Nuclear

As usinas nucleares utilizam o calor produzido através do processo de fissão nuclear para gerar vapor de água, que por sua vez, movimentam turbinas que geram energia elétrica.

Os reatores utilizados no Brasil utilizam como combustível o urânio enriquecido cerca de 3,5%, isso significa que o urânio encontrado naturalmente que contém 0,7% do isótopo  $^{235}\text{U}$  e deve passar por um processo de “enriquecimento” para que essa proporção chegue a 3,5%.

O processo para se obter combustível nuclear é chamado de ciclo do combustível e compreende algumas etapas.

i) extração do minério do solo; ii) beneficiamento para separar o urânio de outros minérios; iii) conversão em gás do produto do beneficiamento, o chamado yellow cake (ou ‘bolo amarelo’); iv) enriquecimento do gás, no qual a proporção de  $^{235}\text{U}$  é aumentada até o nível desejado; v) reconversão do gás de urânio enriquecido para o estado de pó; vi) fabricação de pastilhas a partir da compactação do pó; vii) e finalmente a montagem dos elementos combustíveis, quando se colocam as pastilhas em cilindros metálicos que irão formar os elementos combustíveis do núcleo do reator. (A Energia Nuclear, 2005)

Alguns países desenvolvidos possuem um elevado percentual de geração proveniente das usinas nucleares. Como mostra na Tabela 01.

Tabela 1 - Países com elevado percentual de uso de energia nuclear.

País	Percentual de geração
França	78%
Bélgica	57%
Japão	39%
Coreia do Sul	39%
Alemanha	30%
Suécia	46%
Suíça	40%

Fonte: Ciência Hoje. Acesso em: 03 de junho de 2017. Disponível em: <<http://xa.yimg.com/kq/groups/22755666/617585716/name/Texto+2+A+energia+nuclear+e+seus+uso+s+na+sociedade.pdf>>. Acesso em: 31 de maio de 2017.

### **3 Metodologia**

A metodologia está direcionada para uma pesquisa científica de cunho quali-quantitativo. Na visão de Fonseca (2002, pág. 20), pesquisa quantitativa é vista como aquilo que pode ser mensurado, e compreende naquilo que se é objetivo e utiliza-se de métodos matemáticos. Para o mesmo autor, Fonseca (2002, pág. 20), a pesquisa qualitativa se preocupa com aspectos que não podem ser quantificados, é uma pesquisa de caráter mais subjetivo.

Apesar deste trabalho, em primeiro momento parecer se adequar somente a pesquisa quantitativa, a pesquisa qualitativa se fez necessária na análise dos geradores, pois ao compararmos dois geradores, um mais poluente e barato, e um outro menos poluente e mais caro, o grupo não pode se ater puramente aos dados, portanto, a subjetividade não pode ser evitada totalmente. Ou ainda, ao analisar os combustíveis utilizados, os danos ambientais e ao criar uma escala do gerador que menos se adequa para o que mais se adequa.

Para que os objetivos específicos deste projeto sejam atendidos, a execução da projeto foi desmembrada em etapas:

Inicialmente, foram compiladas informações sobre o consumo mensal de forma monetária e quantitativa de energia (quilowatt) do IFSC câmpus JAR com energia elétrica, levando em conta a sazonalidade do mesmo. Com análise dos últimos dois anos (2015 e 2016).

Foram então produzidos critérios de avaliação para delimitar o gerador que será empregado no campus.

Em outra etapa, foi feito um estudo aprofundado sobre os sistemas de geração de energia e utilizando-se dos critérios de avaliação (item 3.1), foi definido o sistema que melhor se encaixa às necessidades do campus.

Iniciou-se então, uma pesquisa das empresas que distribuem o gerador determinado pelo grupo. O gerador selecionado deve possuir a capacidade de suprir a demanda estipulada, levando em conta o seu custo de instalação, manutenção e operação.

A seguir apresenta-se quais são os critérios de avaliação impostos para avaliar cada gerador, e também a escala que mediu sua eficiência em cada critério.

### **3.1 Critérios de avaliação**

A fim de analisar qual sistema e posteriormente qual gerador melhor se encaixa com os objetivos da pesquisa, foram formulados os seguintes critérios de avaliação:

- Demanda estipulada;
- Dimensões dos geradores e sua capacidade energética;
- Níveis Poluição;
- Combustível utilizado.

Assim, ao tabular os sistemas o grupo pôde apontar qual sistema possui a maior quantidade de “critérios atendidos”, e logo em seguida determinar qual o gerador mais adequado seguindo os critérios estabelecidos.

#### **Demanda estipulada**

Os geradores devem atender a demanda de 50 kWh em tempo real, o motivo deste valor será explicado no item 4.1, esta demanda fora estipulada para que haja uma igualdade entre os geradores, possibilitando uma comparação propícia para analisar qual é o melhor entre os mesmos.

No caso de alguns geradores, pode-se trabalhar com a possibilidade de se produzir energia e repassá-la a rede da CELESC, e assim, compensar o consumo de horários em que esse gerador estivesse inoperante. Assim, será necessária uma análise cuidadosa da energia produzida em tempo real, ou a acumulada ao longo do ano. O que parece ser mais prudente de ser considerado, assim, é o consumo anual de 169.921 kWh.

### **Dimensões dos geradores e sua capacidade energética**

O Campus possui uma área disponível para a instalação do gerador, por isso o tamanho do gerador não deve exceder este limite, que é apresentado nos resultados.

### **Nível de Poluição**

Apesar de serem máquinas consideradas seguras para a saúde humana, os geradores e seus respectivos sistemas devem produzir o menor índice de poluição possível, tanto atmosférica, quanto sonora. A importância desse critério é garantir a saúde, qualidade de vida dos estudantes e servidores do campus.

- **Poluição sonora**

Os níveis de poluição sonora aceitáveis dependem do horário e do ambiente em que se encontra, segundo as normas da ABNT (n.º 10.151), em ambiente escolar, o máximo de decibéis aceitado por horário é de 50 db no período diurno, e de 45 db no período noturno.

Porém a quantidade de som que os geradores produzem dependem da intensidade com que essa onda sonora chegue no ouvido do ouvinte. O som, ao se propagar, sofre uma atenuação, ou seja, uma diminuição da intensidade com que essa onda sonora se propaga.

As ondas sonoras podem sofrer atenuação de duas formas:

- Dispersão das ondas: o som ao se propagar no ar livre, tem sua área de propagação aumentada, e como a energia é a mesma, ocorre uma diluição dessa energia, o que ocasiona a atenuação da intensidade da onda sonora;
- Perdas entrópicas: nas ondas sonoras ocorrem sucessivas compressões e descompressões, o que ocasiona variações na temperatura. Pela segunda lei da termodinâmica, toda a transformação de energia, uma parte se perde na forma de calor, o que diminui a intensidade da onda sonora.

Então será analisado de forma qualitativa quanto de ruído cada gerador produz, e a distância do gerador ao ambiente escolar para que o barulho não ultrapasse as condições da ABNT.

- **Poluição atmosférica**

A poluição atmosférica ocorre quando algumas substâncias tóxicas são lançadas no ar, prejudicando assim a saúde humana ou o meio ambiente. Pode ser dada de forma natural pela emissão de gases de decomposição de matéria morta, ou humana, na emissão de gases de automóveis ou indústrias.

Para saber sobre a qualidade do ar, existe hoje o monitoramento de alguns poluentes que são mundialmente aceitos como indicadores de qualidade do ar, sendo eles: dióxido de enxofre, partículas totais em suspensão, partículas inaláveis de monóxido de carbono, oxidantes fotoquímicos expressos como ozônio, hidrocarbonetos totais e dióxido de nitrogênio.

### **Combustível utilizado**

O combustível a ser utilizado pelo gerador é um fator que pesa bastante quando se trata do funcionamento do gerador, assim é necessário que isso seja averiguado e levada em conta na hora da avaliação, pois o uso de um combustível muito caro pode acabar gerando mais gastos do que economia .

### **3.2 Escala Likert**

A Escala Likert é uma escala utilizada para medir o grau de conformidade com determinada proposta. A escala divide o “sim ou não” (como afirmações concretas) em outras subdivisões, assim a Likert é mais utilizada em entrevistas onde podemos medir o grau de conformidade do entrevistado. No nosso caso a escala serviu para medir o quão cada gerador atende a cada critério de avaliação.

Segundo Liauradó (2017) existem tipos diferentes de Likert, onde neles podemos encontrar:

- O nível de concordância de uma afirmação;
- A frequência com que determinada atividade é realizada;
- O nível de importância atribuída a uma atividade específica;
- A avaliação de um serviço, produto ou empresa;
- A probabilidade de realização de ações futuras.

Assim utilizaremos nesta pesquisa da Escala Likert para podermos mensurar no item 4.5 a proporcionalidade que o gerador atende a cada item.

A Escala Likert utilizada está dividida em 5 notas, cada um mostrando o nível de “satisfação/atendimento” com respeito a cada item mensurado. As notas estão divididas em:

- 1 - Não atende;
- 2 - Atende parcialmente;
- 3 - Indiferente;
- 4 - Atente;
- 5 - Atende totalmente.

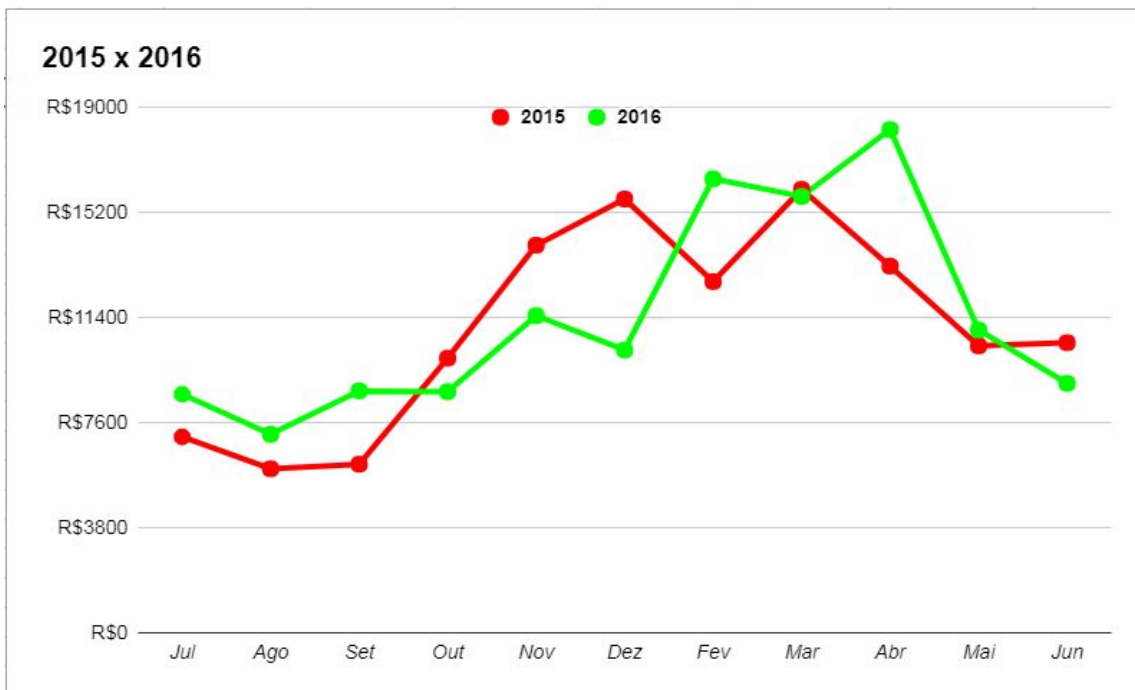
## **4 Resultados e Discussões**

Os dados coletados serão aqui apresentados e discutidos.

### **4.1 Cálculo para definição da demanda do gerador**

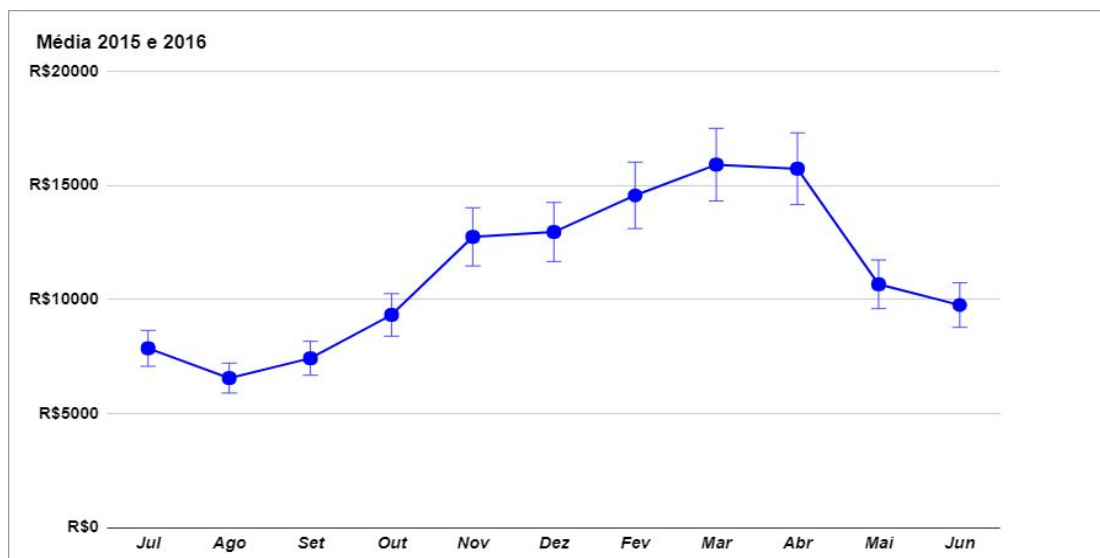
A seguir demonstraremos os cálculos da demanda que o gerador deve suprir realizados em cima dos dados obtidos e tabulados nos Gráficos 2 e 3. Ambos os gráficos não apresentam o mês de janeiro, esse dado foi omitido para que não haja uma disparidade no gráfico devido ao consumo mínimo no mês de janeiro, visto que este é o mês onde a maioria dos servidores e alunos se encontram de férias.

Gráfico 2 - Gastos elétricos nos anos de 2015 e 2016.



Fonte: Elaborado pelo grupo.

Gráfico 3 - Média de gastos elétricos de 2015 e 2016.



Fonte: Elaborado pelo grupo

Ao analisar os Gráficos 2 e 3, com relação aos gastos de energia do campus IFSC Jaraguá do Sul Centro, nota-se uma variação no consumo de eletricidade,

dependendo do mês em que se analisa, acarretando assim na necessidade de estipular um parâmetro a ser utilizado como referência para o cálculo de demanda energética para que o gerador possa suprir, por este motivo o grupo produziu uma pesquisa acerca dos equipamentos que utilizam-se de energia elétrica no campus.

As salas foram tabuladas segundo uma lista fornecida pelo orientador do grupo, e reescrita pelo grupo com as informações coletadas. A categorização utilizada na Tabela 2 está dividida em: iluminação, informática, climatização, e outros.

Tabela 2 - Equipamentos elétricos no campus IFSC-jar

Sala	Tipo de Uso	Iluminação	Informática	Climatização	Outros
Bloco AA	HALL	44X40W	3 PC 1 imp		1 elevador(4.474)
AA01	Coordenadoria de pesquisa/ Extensão/ Jornalismo/ NEAD	8X40W	3 PC	1 Ar 2.720W	
AA02	Reuniões/ Videoconferência	6X40W	2 not		
AA03	Direção-geral	4X40W	1 PC	1 Ar 1.100W	
AA04	Diretoria de Ensino, pesquisa e extensão	4X40W	2 PC	1 Ar 1.100W	
AA05	Sala de convivência/ Cozinha	8X40W 2X12W		1 Ar 2.720W	
AA06	*				
AA07	Banheiro	6X40W			1

	masculino				chuveiro(4.500)
AA08	Banheiro feminino	6X40W			1 chuveiro(4.500)
AA09	Chefia administrativa/ Secretária da direção-geral	4X40W	3 PC/ 1 imp(1.250)	1 Ar 1.100W	
AA10	Infraestrutura/ Auditoria	12X40W	5 PC/ 1 imp(650)	1 Ar 2.720W	
AA11	Registro acadêmico	4X40W	2 PC/ 1 imp(650)	1 Ar 1.100W	
AA12	Coordenadoria de gestão de pessoas	4X40W	2 PC/ 1 imp(650)	1 Ar 1.100W	
AA13	Financeiro	10X40W	4 PC/ 1 imp(650)	1 Ar 2.720W	
AA14	Secretaria acadêmica	12X40W	4 PC/ 1 imp(650)	1 Ar 2.720W	
AA15	Depósito	6X20W			
AA16	Biblioteca	78X40W	12 PC/ 1 imp(650)	4 Ar 2.720W 1 Ar 1.100W	
AA17	Arquivo	6X40W			
AA18	*				

AA19	*				
AA20	*				
AA21	Banheiro masculino	6X40W			1 chuveiro(4.500)
AA22	Banheiro feminino	6X40W			1 chuveiro(4.500)

					00)
AA23	Auditório	56X40W	1 PC	3 Ar 2.720W	
AA24	*				
Bloco A	HALL	26X40W			
A01	Depósito material de limpeza	2X20W			
A02	Laboratório A1	16X40W	29 PC	2 Ar 2.720W	
A03	Laboratório A6	12X40W	25 PC	2 Ar 2.720W	
A04	Laboratório A5	20X40W	31 PC	3 Ar 2.720W	
A05	**				
A06	Sala da equipe da zeladoria	10X40W		1 Ar 2.720W	
A07	Banheiro masculino	4X40W			
A08	Banheiro feminino	4X40W			
A09	Depósito do TI	4X40W	4 PC	1 Ar 1.100W	
A10	TI	4X40W		1 Ar 1.100W	
A11	Lab controle de qualidade de fios e malhas	32X40W	2 PC	1 Ar 10.540W	
A12	*				
A13	Laboratório de modelagem	16X40W		1 Ar 5.725W	
A14	Sala de	16X40W	2 PC 10 Not	2 Ar 1.100W	

	professores A9		1 Imp 650W		
A15	Sala de professores A8	8X40W	6 Not	1 Ar 1.100W	
Bloco B	HALL	12X40W			
B01	Laboratório de fotografia	12X40W		1 Ar 2.720W	
B02	Sala de aula	18X40W		1 Ar 3.500W 1 Ar 2.720W	
B03	Materioteca	12X40W	2 PC	1 Ar 3.000W	
B04	Laboratório de costura	36X40W		1 Ar 2.100W 1 Ar 2.720W	
B05	Laboratório de modelagem	20X40W		1 Ar 2.720W 1 Ar 2.100W	
B06	Sala de ensino a distância	20X40W	5 PC	1 Ar 2.720W	
B07	Sala de professores	12X40W	1 Imp 1.250W	1 Ar 2.100W	
B08	NEJA/NEIPS	6X40W	3 PC 2 Not	1 Ar 3.500W	
Bloco C	HALL	10X40W			
C01	Sala de aula	18X40W		2 Ar 2.720W	
C02	Sala de aula	18X40W		2 Ar 2.720W	
C03	Sala de aula	18X40W		2 Ar 2.720W	
C04	Sala de aula	18X40W		2 Ar 2.720W	
C05	Sala de aula	18X40W		2 Ar 2.720W	
C06	Sala de aula	18X40W		2 Ar 2.720W	
C07	Sala de aula	18X40W		2 Ar 2.720W	
C08	Sala de aula	18X40W		2 Ar 2.720W	
C09	Sala de aula	18X40W			

C10	Coordenadora pedagógica	12X40W	9 PC 1 Imp 650W	1 Ar 1.100W	
C11	*				
Bloco D	Sem hall				
D01	Sala de professores	12X40W	4 PC 8 Not 1 Imp 650W	1 Ar 2.100W	
D02	Sala de aula	18X40W		1 Ar 10.540W	
D03	Laboratório de malharia circular/ Retilínea	80X40W		3 Ar 10.540W	
D04	*				
D05	Almoxarifado	2X40W			
D06	Sala de professores	2X40W	3 Not	1 Ar 1.100W	
D07	Arquivo	2X40W			
D08	Banheiro masculino	8X40W			1 chuveiro(4.500)
D09	Banheiro feminino	8X40W			1 chuveiro(4.500)
D10	Depósito	4X40W			
Bloco E	Sem hall				
E01	Almoxarifado	12X40W			
E02					
E03	Laboratório de manutenção de máquina de costura	24X40W		1 Ar 5.725W	
E04	Laboratório	40X40W		2 Ar	

	têxtil			10.540W	
E05	Almoxarifado do laboratório de têxtil				

E06	Sala de professores	8X40W	4 PC 1 Imp 650W	1 Ar 1.100W	
Bloco F	HALL	2X40W			
F01	Laboratório de eletrônica	18X40W			
F02	Laboratório de produção de material didático	18X40W	3 PC	1 Ar 5.725W	
F03	Almoxarifado	4X40W			
F04	Sala da maestrina	8W40W	2 PC		
F05	Laboratório de música	16X40W		2 Ar 1.100W	
F06	*				
Bloco G	HALL	8X40W			
G01	Laboratório de química	22X40W	1 PC	2 Ar 5.725W	
G02	*				
G03	Laboratório de química	20X40W		2 Ar 5.725W	
G04	Depósito de material esportivo	2X40W			
G05	Sala do técnico do laboratório de física	6X40W			

G06	Depósito de material didático de biologia				
G07	Laboratório de física	8X40W			
G08	Laboratório de física	6X40W			
G09	almoxarifado do laboratório de física				
G10	Depósito	20X40			
Bloco H	HALL	4X40W			

H1	Sala de aula	16X40W		Ar 7.032W 1 vent 200W	
H2	Sala de aula	12X40W		Ar 7.032W	
H3	Sala de aula	12X40W		Ar 7.032W	
H4	Laboratório de desenho	16X40W		Ar 7.032W	
outros					
	Cantina	16X40W			
	Corredor principal	40X40W			
	Contêiner	8X40W			
	Exterior	36X40W 10X400W			

Fonte: Elaborado pelo grupo.

Um asterisco simboliza que a sala em questão é anexada à da linha acima do asterisco. Assim, os equipamentos elétricos desta sala, as com asterisco, são somados aos equipamentos elétricos da sala de cima.

Dois asteriscos simboliza que a sala em questão já não existe mais ou fora anexada em outra na própria lista de salas.

Como se pode observar na tabela acima, não houve uma pesquisa sobre os equipamentos de laboratórios do câmpus, pois estes são utilizados com frequência variável, o que dificulta uma projeção satisfatória de gasto de energia elétrica.

A partir dos gráficos de consumo em kWh por mês, dos anos de 2015 e 2016, pôde-se fazer uma média.

O Gráfico 4 representa a média de consumo por a cada mês, no ciclo de um ano, e ao somar os dados para os 11 meses obtém-se o valor de 169.921 kWh. Se dividir pela quantidade de meses do ano, chega-se a média mensal de consumo de 15.447,36 kWh.

Gráfico 4: Média de consumo de energia do campus por mês dos anos de 2015 e 2016.



Fonte: Elaborado pelo grupo.

Com os dados da Tabela 2, somaram-se a quantidade de lâmpadas de 40W de todos os espaços do campus e em seguida multiplicou-se por 40, encontrando

assim, a potência em W das lâmpadas de 40 W do câmpus todo. Dividindo por 1000, para ser encontrado em kW, o valor encontrado é de 53,28 kW. Multiplicando esse valor por 12 horas de funcionamento (estimativa de horas de uso das lâmpadas do câmpus) obtêm-se 639,36 kWh de energia consumida pelas lâmpadas por dia. Novamente multiplicando por 30, obtêm-se 19.180,8 kWh por mês.

O que pode ser percebido é que o valor de energia calculado segundo a estimativa de uso das lâmpadas de 40 W do câmpus, 19.180,8 kWh por mês, ficou acima da média mensal de energia utilizando as contas de energia elétrica, 15.447,36 kWh. Logo, em casos que se precisa considerar a energia elétrica consumida é mais plausível utilizar a média mensal como gasto de energia, além de menor, tudo indica que é mais próximo da realidade.

No caso desse estudo, será utilizada para estudar a viabilidade de aquisição de um sistema de geração, 50 kW de potência, o que segundo os cálculos apresentados acima, significaria geração de energia elétrica para todas as lâmpadas do câmpus acesas simultaneamente.

## **4.2 Escala para análise dos geradores**

A escala tem como objetivo avaliar comparando os geradores entre si, buscando dessa forma encontrar o gerador que atende da melhor forma os critérios estabelecidos pelo item 3.1 elaborado pelo grupo. A Tabela 4 está usando da Escala Likert que foi definida no item 3.2.

Cada critério foi analisado em relação a cada sistema de geração, conforme os itens 4.2.1 até 4.2.3, a seguir.

Tabela 3 – Classificação segundo a Escala Likert para os geradores selecionados

Geradores	Dimensões para demanda estipulada	Poluição sonora	Poluição do ar	Despesas com combustível
Ciclo Otto	5	2	2	2
Ciclo Diesel	5	2	1	2
Ciclo Turbina a Gás	4	1	1	2
Ciclo Vapor de Cilindros	3	4	3	2
Ciclo Stirling	4	4	3	2
Painel Fotovoltáico	4	5	5	5
Energia Eólica	2	3	5	5
Energia Nuclear	1	4	4	1

Fonte: Elaborado pelo grupo.

#### 4.2.1 Dimensões para a demanda estipulada

- Ciclo Otto: De acordo com Çengel e Boles (2006), as eficiências globais típicas de motores de combustão interna são da ordem de 26% a 30% para motores automotivos a gasolina. (apud CARVALHO, 2011).

- Ciclo Diesel: Os motores Diesel não competem economicamente com outros ciclos geradores para o uso contínuo. Segundo Pereira et al. (2005) o uso do Diesel se justifica apenas em algumas situações específicas, “como no caso das eventuais interrupções de fornecimento da rede, horários onde a demanda por potência é grande e em localidades distantes da rede elétrica.” (PEREIRA et al., 2005)

- Ciclo Turbina a Gás: Plantas que utilizam esta forma de geração são mais eficientes, mantendo bom desempenho energético mesmo em escalas menores quando comparadas às centrais convencionais.

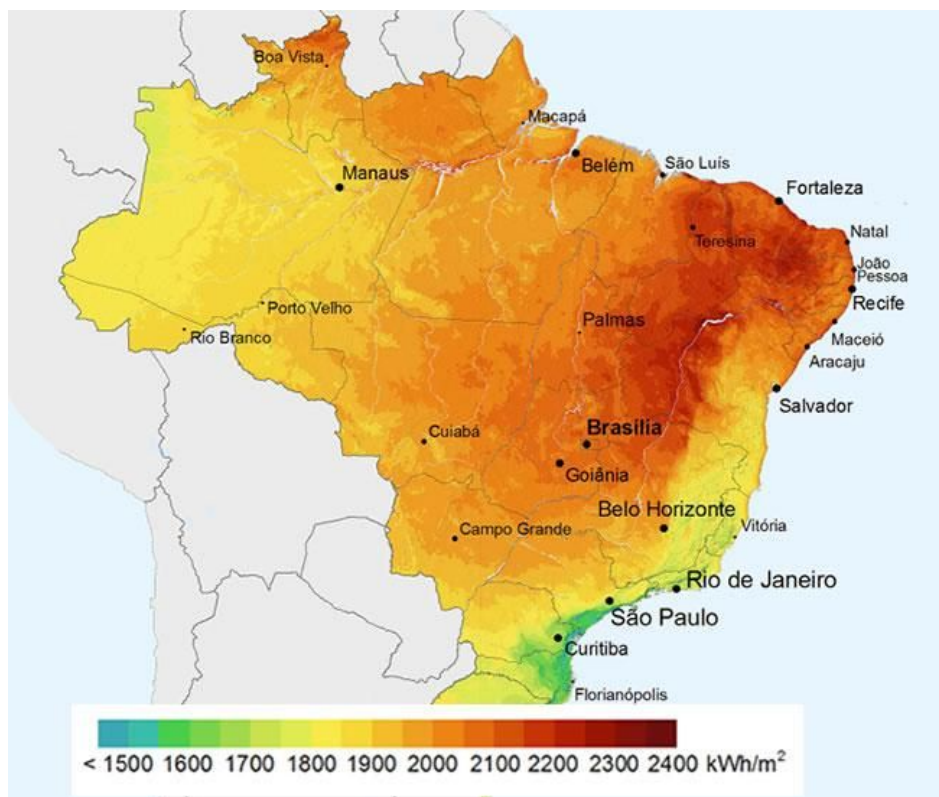
- Ciclo Vapor de Cilindros: “[...]as máquinas a vapor possuem eficiência em torno de 20% a 30%[...]” (CONTAR, 2008, p. 15). Desta forma, seria necessário um grande gerador para prover a potência necessária.

- Ciclo Stirling: Segundo BARRETO (2015, p. 18) o motor stirling possui uma alta eficiência devido à natureza do ciclo e por o regenerador aumentar a eficiência do motor.

- Painel Fotovoltaico: Segundo Catafesta (2012, p. 11) A eficiência dos painéis solares vem crescendo com o desenvolvimento de novas tecnologias.

Porém, ao observarmos a Figura 14, nota-se que a região onde se encontra Jaraguá do Sul, possui uma das menores incidência de radiação solar do Brasil.

Figura 14: Irradiação solar no Brasil.



Disponível em:

<<http://nordensolar.com.br/wp-content/uploads/2016/10/mapa-radiacao-solar-brasil.jpg>>. Acesso em:

21 de agosto de 2017.

- Energia Eólica: Para uma melhor eficiência um sistema de energia eólica faz-se necessário “um espaço (terrestre ou marítimo), onde estão concentrados vários aerogeradores (a partir de 5) destinados a transformar energia eólica em energia elétrica” (ROSSI ; OLIVEIRA, 2017), resultando na formação de um parque eólico, ocupando grandes propriedades de terra disponível.

#### **4.2.2 Poluição sonora**

- Ciclo Otto: Os ruídos muitas vezes dos carros provêm de seus motores que, em sua maioria, utilizam o ciclo Otto como forma de gerar a energia que movimenta o carro, esses sons surgem no motor por motivos como a combustão e os eixos mecânicos que atuam neles. (SANTANA, 2010)

- Ciclo Diesel: Esses motores possuem como principal causa de ruído a rápida elevação de pressão que se dá ao término da combustão. O combustível que foi acumulado na câmara durante o tempo de injeção, entra em combustão praticamente num único instante, quando as reações químicas que ocorrem em preparação à combustão se completam. A taxa de elevação de pressão causa impacto nos componentes do mecanismo biela-virabrequim. Pancadas do pistão contra a parede do cilindro, na passagem pelo PMS, também são causa de ruídos. Os impactos geram vibrações que são transmitidas a estrutura do motor, resultando na propagação de ruído ao ambiente. (RODRIGUES, 2011)

- Ciclo Turbina a Gás: A turbina gera grande quantidade de ruído, o que pode ser visto em aeronaves que utilizam este ciclo como forma de propulsão/tração.

- Ciclo Vapor de Cilindros: Assim como o ciclo Stirling, o motor a vapor possui um ciclo silencioso, onde a maior emissão de ruídos são de suas partes móveis.

- Ciclo Stirling: Seu funcionamento é silencioso; devido ao fato de não possuir válvulas nem muitos elementos móveis, o nível de ruído e vibração é baixíssimo. (ALMEIDA; TOMÉ; MAJOR, 2017)

- Painel Fotovoltaico: Os painéis não emitem poluição sonora e atmosférica, pois não utilizam combustíveis fósseis, ou seja, não a queima deles, por isso não há emissão de ruídos e poluentes gasosos. (SHAYANI et al,2006)

- Energia Eólica: De acordo com Barbosa Filho (2013) os geradores eólicos, mais especificamente em usinas eólicas, geram bastante ruídos provindos de suas engrenagens e atrito das pás com o ar, recomenda por isso o afastamento de uma torre eólica com uma residência.

#### **4.2.3 Poluição atmosférica**

- Ciclo Otto: Este ciclo utiliza gasolina como principal combustível, é composta de cadeias grandes de hidrocarbonetos, que ao ser queimado libera alguns resíduos químicos prejudiciais ao meio ambiente. Segundo Carvalho (2011) a emissão de gases, como por exemplo o CO<sub>2</sub>, acabam contribuindo no efeito estufa e aquecimento global.

- Ciclo Diesel: O principal combustível utilizado neste gerador é o óleo diesel, que é feito a partir da destilação do petróleo e tem em sua composição hidrocarbonetos, oxigênio, enxofre e nitrogênio. A combustão do óleo gera, entre outros gases, óxidos de nitrogênio, (NO<sub>x</sub>) um gás que pode causar chuvas ácidas e também a irritar a respiração de humanos e animais. (DRUMM et al., 2014)

- Ciclo Turbina a Gás: Os geradores deste tipo utilizam o gás natural para a geração de energia, a queima desse combustível gera óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e monóxido de carbono (CO) em maiores proporções, e gera também compostos orgânicos voláteis (COV<sub>s</sub>) porém em menores proporções que os citados anteriormente. (COELHO, 2013)

- O gás natural assim também como a gasolina e o Diesel são combustíveis fósseis e a queima desses resultará em gases que contribuem para o efeito estufa e a degeneração da camada de ozônio.

- Ciclo Vapor de Cilindros: Da mesma forma que o Stirling, o motor a vapor possui combustão externa, reduzindo a emissão de gases nocivos.

- Ciclo Stirling: Conclui-se que o uso de fontes renováveis, permitem bons níveis de eficiência de geração de energia elétrica de sistemas utilizando motores Stirling de pequeno porte, reduzindo níveis de poluição atmosférica e contribuindo para a redução do efeito estufa. (DENTELLO, 2017)

- Painel Fotovoltaico: Poluição atmosférica é nula, já que se utiliza radiação solar para produção energética.

- Energia Eólica: Este gerador utiliza energia proveniente das correntes de ar, uma forma de energia renovável. De acordo com Runcos (2000) as energias renováveis vêm ganhando destaque pela necessidade e precaução que se vem tomando com o meio ambiente. Entretanto para implantação e criação de usinas eólicas acaba-se devastando uma área considerável de fauna e flora, e, podendo ainda haver o risco de colisão de aves e afins com as pás que giram no ar. (BARBOSA FILHO,2013)

#### **4.2.4 Despesas com combustível**

- Ciclo Otto: A gasolina custa atualmente (Novembro,2017) em média R\$ 3,960 por litro (ANP) para o consumidor, mas isso pode mudar conforme os períodos, por alguns motivos como impostos, entre outros.

- Ciclo Diesel: O preço do óleo diesel (Novembro, 2017) é de, em média, R\$3,256 (ANP) o litro ao consumidor, e o preço é variável conforme os períodos, por diversos motivos.

- Ciclo Turbina a Gás: Este ciclo utiliza gás natural para a geração de energia, que é um combustível fóssil composto essencialmente de hidrocarbonetos, que mesmo em temperatura ambiente se mantém gasoso. Pelas fontes da ANP o Gás natural Veicular, que é uma das formas de gás natural, custa em média atualmente (Novembro,2017) R\$: 2,402 o litro, mas pode sofrer variações de tempos em tempos.

- Ciclo Vapor de Cilindros: Da mesma forma que o motor stirling, o motor a vapor de cilindros pode se utilizar de qualquer forma de combustível pois trata-se de um ciclo de combustão externa.

- Ciclo Stirling: Qualquer combustível pode ser usado para se movimentar um motor Stirling visto que para isso somente é necessário gerar um diferencial de temperatura. No entanto, a futura escassez dos combustíveis derivados do petróleo e fatores ambientais nos levarão a procurar cada vez mais combustíveis renováveis

e de baixa emissão de poluentes que possam ser usados em motores de maior eficiência do que os atualmente utilizados. (YOKOYAMA, 2017)

- Painel Fotovoltaico: O painel fotovoltaico conta com a vantagem de ter “disponibilidade gratuita do calor do sol, sem a necessidade de nenhum tipo de controle de suas fontes em casos de utilização” (PENA, 2017). Assim, é dispensável mensurar despesas com combustível.

- Energia Eólica: Não é possível mensurar um valor na velocidade do vento/combustível da energia eólica, pois o vento é algo característico de cada região, então, se um local (como a nossa região atual) não tem uma incidência de ventos pelo menos considerável, a geração de energia do gerador nesta região se torna inexistente. Segundo a Casa dos Ventos (2017) “A energia eólica é produzida a partir da força dos ventos e é gerada por meio de aerogeradores. Neles, a força do vento é captada por hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico. É uma energia abundante”.

### **Nuclear**

O processo de geração elétrica através da energia nuclear foi descartado de um estudo mais aprofundado devido a:

1. Custo elevado de operação: Segundo Alvim et al. (2007) a energia nuclear vem se tornando competitiva com as formas de geração a partir de derivados do gás natural e petróleo, porém, os métodos de geração convencionais continuam sendo mais baratos quando comparados a quantidade de energia produzida.

2. Aspectos ambientais: Grande oposição a essa forma de geração se dá através dos resíduos de longa duração descartados pelas usinas nucleares. No Brasil existe uma insuficiência de recursos financeiros e humanos para a fiscalização desta atividade, tal qual, sua solução não apresenta dificuldades tecnológicas, se tratando apenas de questões políticas e de aceitação pública. (ALVIM et al., 2007)

3. Tecnologia envolvida: Existe grande restrição para a transferência de tecnologias relacionadas ao ciclo nuclear, então para que essas tecnologias se tornem disponíveis, devem ser alcançadas internamente, até que sua importação possa ser realizada.

A fabricação de componentes elementos de reatores envolve importante capacitação tecnológica nas áreas de materiais, engenharia mecânica e civil. A construção do reator incrementa a capacitação no gerenciamento e na aplicação de procedimentos de garantia da qualidade. (ALVIM et al., 2007)

### **4.3 Resultado da análise dos geradores em função dos critérios estabelecidos**

Após análise anteriormente citada, e como pode ser observado na Tabela 2, constatou-se que o painel fotovoltaico é a forma de geração de energia que melhor se encaixa com o propósito deste trabalho, pois é a que mais atende aos critérios estabelecidos. De forma resumida, o sistema fotovoltaico não possui custo de combustível e a área utilizada pelo sistema não tem outro fim, ao contrário do chão, este por sua vez pode ser construído ou utilizado de outra forma. Inicia-se assim, a busca por geradores no mercado.

A escolha do painel fotovoltaico também se deve que o painel apenas ocupa um espaço já disponível (os telhados), ele não polui sonoramente e nem polui de forma alguma o ambiente com algum resíduo durante sua operação, ele é uma energia limpa e renovável que não tem despesas com combustível, assim, apenas gerando poucos gastos com a sua manutenção.

#### **4.3.1 Espaço disponível para implantação do gerador**

Os painéis fotovoltaicos são normalmente utilizados em telhados, por este motivo, foi analisada a área disponível no teto dos prédios do câmpus.

Ao utilizar-se das plantas baixas enviadas pelo engenheiro do campus, que estão disponíveis em anexo, o grupo pôde estipular as possíveis áreas disponíveis para implantação do sistema de geração fotovoltaico. Obtendo-se os seguintes resultados, conforme Tabela 4:

Tabela 4 - Dimensões dos blocos do câmpus

Blocos	AA	A	B	C	D	E	F	G/H
Dimensões	482,6 m <sup>2</sup>	325,1 m <sup>2</sup>	485,1 m <sup>2</sup>	592,2 m <sup>2</sup>	543,2 m <sup>2</sup>	324,1 m <sup>2</sup>	209,9 m <sup>2</sup>	317,5 m <sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pelo grupo

Totalizando 3.279,7 m<sup>2</sup> de área disponível para implantação de geradores nos telhados dos blocos.

Infelizmente, para a real implantação teria de ser levado em consideração a direção da inclinação, áreas com sombra, e outros fatores, que podem inviabilizar ou diminuir a eficiência das placas fotovoltaicas, porém, o grupo não dispõe das ferramentas de medida necessárias nem dos equipamentos de segurança para as medições, visto que estas teriam que ser feitas em áreas potencialmente perigosas (telhados).

#### 4.3.2 Pesquisa de geradores no mercado

Somente foram escolhidas empresas brasileiras para facilitar a pesquisa, além de não haver possíveis problemas quanto a implantação e dificuldades de compra pelo IFSC se tratar de um órgão federal.

Foram enviados e-mails para 10 empresas da região no dia 15/11/17, sendo que apenas 1 respondeu o e-mail em tempo hábil para essa pesquisa.

A empresa que respondeu o e-mail, informou por meio de um orçamento, que para uma saída com potência de 50 kW, suas placas fotovoltaicas utilizariam 304,2 m<sup>2</sup>, com uma vida útil de 25 anos e um custo de instalação de 169.105,79 reais, com o retorno do investimento em aproximadamente 3,15 anos.

O sistema fotovoltaico não necessita de combustíveis, conseqüentemente, não há custo de operação, fora a manutenção se necessária.

Segundo a empresa 1, seu gerador produz em média 64.306,94 kWh anualmente. Segundo os dados do Gráfico 5, os gastos anuais de energia elétrica do campus são de 169.921 kWh, ou seja, o novo consumo de energia elétrica anual do

câmpus junto a CELESC seria de 105.615 kWh, ou 9.601,36 kWh por mês, em média.

Segundo a empresa 1, o gerador terá retorno em aproximadamente 3,15 anos, isto é, em 3,15 anos a economia gerada deverá ultrapassar o custo do gerador, e os próximos anos serão economia.

## 5 Considerações Finais

A presente pesquisa apontou que dentre os geradores analisados, o sistema de geração fotovoltaica é a mais adequada segundo os critérios estipulados: dimensões, poluição sonora e ambiente, e gastos com combustíveis.

Como características positivas, a geração por sistema fotovoltaico não perturba o ambiente escolar por não produzirem ruído e nem poluição atmosférica, acarretando assim, numa menor degradação ambiental. Os painéis fotovoltaicos possuem ainda um baixo custo de manutenção e uma grande vida útil, possibilitando um maior aproveitamento e maior viabilidade do mesmo. Comprovando a primeira hipótese proposta pelo grupo.

A segunda hipótese fora parcialmente confirmada pela pesquisa bibliográfica e posteriormente na escala Likert, pois algumas formas de geração de energia são dispendiosas em operação e manutenção, porém, a metodologia adotada não foi capaz de mensurar o custo de instalação de outros geradores além do escolhido como mais adequado para o câmpus.

O critério espaço utilizado era um limitante na análise dos geradores, porém, a proposta da empresa sobre dimensões dos painéis fotovoltaicos é aquém da área estimada possível para instalação das placas nos telhados. Desta forma, a terceira hipótese foi refutada, pois a área disponível poderia suportar mais painéis, atendendo ainda mais da demanda do campus.

A última hipótese também foi parcialmente confirmada, segundo a pesquisa bibliográfica e a escala Likert, os geradores a combustão interna podem gerar mais energia elétrica do que um painel fotovoltaico quando ocupam o mesmo espaço, desta forma, este gerador pode atender a demanda do campus completamente, porém novamente, a metodologia não foi capaz de prever aspectos monetários desse tipo de geração, uma vez que foi selecionado como mais adequado segundo os critérios selecionados, e somente esse foi avaliado financeiramente.

O painel fotovoltaico estipulado pela empresa ocupa uma área pequena, se comparada as dimensões do telhado das construções do IFSC, outro fato relevante,

é que a energia poderia ser vendida para CELESC em momentos de baixo consumo no câmpus, como no caso dos fins de semana, e depois o valor descontado da conta de energia.

O investimento inicial do sistema fotovoltaico proposto, apesar de em um primeiro momento parecer alto, é necessário lembrar que em pouco mais de 3 anos, a energia produzida pelas placas irá economizar o mesmo valor deste investimento e nos próximos 21 anos (24 anos menos 3, pois existe o 1º ano, considerado como ano 0) o valor economizado seria de aproximadamente R\$ 1.118.761,01.

Para uma análise mais aprofundada, seria interessante obter orçamentos de mais empresas, além disso, o IFSC câmpus Rau, a poucos dias antes da conclusão dessa pesquisa, colocou em operação um sistema de geração de energia elétrica solar. Estudar como se deu a aquisição e instalação, assim, como as características técnicas do sistema implantado no Câmpus Rau, seria de grande valia para análise aqui no IFSC Centro.

## 6 Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Síntese dos Preços Praticados - Brasil**. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo\\_Mensal\\_Combustiveis.asp](http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Mensal_Combustiveis.asp)> Acesso em: 19 de novembro de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Óleo Diesel**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/petroleo-derivados/155-combustiveis/1857-oleo-diesel>> Acesso em: 02 de agosto de 2017.

ALVIM, Carlos Feu et al. Energia nuclear em um cenário de trinta anos. **Estudos Avançados**, [s.l.], v. 21, n. 59, p.197-220, abr. 2007. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142007000100016>>. Acesso em: 24 de novembro de 2017.

BARBOSA, João R.; BRINGHENTI, Cleverson. **SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO DESEMPENHO DE TURBINAS A GÁS**. 1999. Disponível em: <<http://www.abcm.org.br/anais/cobem/1999/pdf/aaaeif.pdf>>. Acesso em: 04 de junho de 2017.

BARBOSA FILHO, Wilson Pereira. **Impactos ambientais em usinas eólicas**. 2013. Disponível em: <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2013/ag-267.pdf>>. Acesso em: 19 de novembro de 2017.

BARRETO, Germily Reki Moraes. **Modelação de um Motor de Stirling com Concentração de Radiação Solar**. Disponível em: <<http://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/14999/1/Dsserta%C3%A7%C3%A3o%20GB.pdf>>. Acesso em: 05 de junho de 2017.

BARROS, R. W. **Avaliação Teórica e Experimental do Motor Stirling Modelo Solo 161 Operando com Diferentes Combustíveis**. 2005. 143f. Dissertação (Mestrado em Conversão de Energia) - Itajubá, Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá. Disponível em: <<http://saturno.unifei.edu.br/bim/0030363.pdf>>. Acesso em 19 de março de 2017.

BICALHO, R.; ALMEIDA, E. L. Turbinas a gás: oportunidades e desafios. **Revista Brasileira de Energia**, v. 8, n. 1, p. 111-129, 2001. Disponível em: <[http://new.sbpe.org.br/wp-content/themes/sbpe/img/artigos\\_pdf/v08n01/v08n01a5.pdf](http://new.sbpe.org.br/wp-content/themes/sbpe/img/artigos_pdf/v08n01/v08n01a5.pdf)>. Acesso em: 24 de novembro 2017

CARVALHO, Hilário Mendes de. **Desenvolvimento de um Modelo Matemático para Avaliação de Desempenho de Turbinas a Gás de um Eixo**. Disponível em: <<http://saturno.unifei.edu.br/bim/0031582.pdf>>. Acesso em: 04 de junho de 2017.

CARVALHO, MÁrcio Augusto Sampaio de. **AVALIAÇÃO DE UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA CICLO OTTO UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE COMBUSTÍVEIS**. 2011. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Disponível em: <[https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/18744/1/Dissertação de Mestrado \\_PEI\\_Márcio Carvalho.pdf](https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/18744/1/Dissertação_de_Mestrado_PEI_Márcio_Carvalho.pdf)>. Acesso em: 02 de agosto de 2017.

Ciência Hoje. **A energia nuclear e seus usos na sociedade**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://xa.yimg.com/kq/groups/22755666/617585716/name/Texto+2+A+energia+nuclear+e+seus+usos+na+sociedade.pdf>>. Acesso em: 31 de maio de 2017.

COELHO, Silas de Oliveira. **Avaliação das Emissões Atmosféricas das Principais Termelétricas Brasileiras a Gás Natural – Ano Base 2013**. 2013. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC-SILAS-FINAL.pdf>>. Acesso em: 18 de novembro de 2017.

CONTAR, Ives Barbosa. **Desenvolvimento de um Motor Stirling Acoplado a uma Placa Parabólica Coletora de Energia Solar**. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1512.pdf>>. Acesso em: 05 de junho de 2017.

COSTA, João Miguel Santos. **Metodologia Simplificada para a Análise Termoeconômica de Sistemas de Cogeração de com Motor Stirling**. Disponível em: <[http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28229/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Jo%C3%A3oCosta\\_2013.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28229/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Jo%C3%A3oCosta_2013.pdf)>. Acesso em: 05 de junho de 2017.

CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Energia Eólica: Princípios e Tecnologias**. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/downloads/energia-eolica-principios-tecnologias.pdf>>. Acesso em: 28 de maio de 2017.

DILL, Rafaela Brittes; FLESCHE, Evandro Luis (Comp.). **Motor Otto: O resgate de uma era**. 2006. Disponível em: <<http://www.mecanica.ufrgs.br/mmotor/otto.htm>>. Acesso em: 10 de junho de 2017.

DRUMM, Fernanda Caroline et al. **Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores**. 2014. Disponível em: <[file:///C:/Users/Padrao/Downloads/10537-59120-1-PB \(1\).pdf](file:///C:/Users/Padrao/Downloads/10537-59120-1-PB%20(1).pdf)>. Acesso em: 18 nov. 2017.

FARIA, Caroline. **Cogeração**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/energia/cogeracao/>> Acesso em: 28 de setembro de 2017.

FERNANDES, Belquis Luci. **Motor Stirling**. Disponível em: <<http://revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/view/34/46>>. Acesso em 05 de junho de 2017.

FIGUEREDO, Erica Airosa. **Querosene**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/quimica/querosene/>> Acesso em: 25 de outubro de 2017.

FONSESCA, João José Saraiva da. **METODOLOGIA DA PESQUISA CIENTÍFICA**. Disponível em: <<http://197.249.65.74:8080/biblioteca/bitstream/123456789/716/1/Metodologia%20da%20Pesquisa%20Cientifica.pdf>>. Acesso em: 04 de junho de 2017.

GOLDEMBERG, José et al. **Energia e Meio Ambiente no Brasil**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a02v2159>>. Acesso em: 04 de junho de 2017.

IF Sul de Minas. **Projeto IF Solar**. Disponível em: <<http://www.ifsuldeminas.edu.br/index.php/noticias/5129-2016-09-22-15-05-32>>. Acesso em: 05 de junho de 2017.

INSTITUTO DE TELECOMUNICAÇÕES. **Laboratórios Remotos de Experiências Científicas, Composição e Funcionamento de um Painel Fotovoltaico**. Disponível em: <[http://www.av.it.pt/laboratoriosremotos/?page\\_id=288](http://www.av.it.pt/laboratoriosremotos/?page_id=288)>. Acesso em: 14 de abril de 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **O que é cogeração**. Disponível em: <[http://www.inee.org.br/forum\\_co\\_geracao.asp](http://www.inee.org.br/forum_co_geracao.asp)> Acesso em: 28 de setembro de 2017.

LLAURADÓ, Oriol. **Escala de Likert: O que é e como utilizá-la: O que é?**. Disponível em: <<https://www.netquest.com/blog/br/escala-likert>>. Acesso em: 22 de novembro de 2017.

LIMA, Francisco Lorenzo Magalhães et al. **Motores de Combustão Interna**. Disponível em: <[http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd\\_2009\\_10/relatorios/R507.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2009_10/relatorios/R507.pdf)>. Acesso em: 05 de junho de 2017.

MENDES, Filomena. **Eletricidade Básica**. Disponível em: <[http://ftp.comprasnet.se.gov.br/sead/licitacoes/Pregoes2011/PE091/Anexos/Inform%E1tica\\_M%F3dulo\\_I/ELETRICIDADE\\_BASICA/ELETRICIDADE\\_BASICA.pdf](http://ftp.comprasnet.se.gov.br/sead/licitacoes/Pregoes2011/PE091/Anexos/Inform%E1tica_M%F3dulo_I/ELETRICIDADE_BASICA/ELETRICIDADE_BASICA.pdf)>. Acesso em: 04 de junho de 2017.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Projeto Levará Energia a Universidades e Escolas Técnicas Federais**. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/manchete/-/asset\\_publisher/neRB8QmDsbU0/content/projeto-levara-energia-solar-a-universidades-e-escolas-tecnicas-federais;jsessionid=149BE4BB4E0A3B4C50F2FFCE4F9D0D1D.srv155](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/manchete/-/asset_publisher/neRB8QmDsbU0/content/projeto-levara-energia-solar-a-universidades-e-escolas-tecnicas-federais;jsessionid=149BE4BB4E0A3B4C50F2FFCE4F9D0D1D.srv155)>. Acesso em 05 de junho de 2017.

NETTO, Luiz F. **Geradores de Energia Elétrica**. Disponível em: <[http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/image13/13\\_T02\\_06.gif](http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/image13/13_T02_06.gif)>. Acesso em: 24 de junho de 2017.

PEREIRA, Ricardo H. et al. **Geração distribuída de energia elétrica – Aplicação de motores bicompostível Diesel/gás natural**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 2005. Disponível em: <[http://portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0433\\_05.pdf](http://portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0433_05.pdf)>. Acesso em: 24 de novembro 2017.

Portal do IFSC. **Série Orçamento: Como os cortes afetam o IFSC e o que a Instituição faz para superá-los**. Disponível em: <<http://www.ifsc.edu.br/institucional/6310-serie-orcamento-como-os-cortes-afetam-o-ifsc-e-o-que-a-instituicao-faz-para-supera-los>>. Acesso em: 05 de junho de 2017.

PORTAL SOLAR. **GERADOR DE ENERGIA SOLAR**. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/gerador-de-energia-solar.html>>. Acesso em: 23 de abril de 2017.

PORTAL SOLAR. **Passo a Passo da Fabricação do Painel Solar**. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/passa-a-passo-da-fabricacao-do-painel-solar.html>>. Acesso em: 13 de abril de 2017.

QUEIROZ, Allan Pimentel. **Corrente contínua e alternada**. 2014. Disponível em: <<http://equipe.nce.ufrj.br/adriano/circlog/provas/p20141/t1/ENTREGUES/teste1Pimentel.pdf>>. Acesso em: 06 de agosto de 2016.

QUEIROZ, Manoel; MATIAS, José Augusto. **Básico de Turbinas a Gás**. Prince George: Petrobras, 2003. 86 p. 87 f. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAepQEAL/basico-turbinas-a-gas-petrobras>>. Acesso em: 31 de julho de 2017.

REIS, Lineu Belico dos. **Geração de Energia Elétrica**. 2. ed. São Paulo: Manole Editora, 2015. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=YpgDCwAAQBAJ&hl=pt-BR&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.br/books?id=YpgDCwAAQBAJ&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s)>. Acesso em 04 de junho de 2017.

RIO. PUC. (Comp.). **Turbina a gás**. Disponível em: <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/10387/10387\\_3.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/10387/10387_3.PDF)>. Acesso em: 04 de junho de 2017.

ROCHA, Jennifer. **Etanol combustível**. Disponível em: <<http://manualdaquimica.uol.com.br/combustiveis/etanol-combustivel.htm>> Acesso em: 25 de outubro de 2017.

RODRIGUES, Marlon Casagrande et al. **Estudo da influência dos parâmetros de injeção de combustível no ruído emitido por motores diesel, fazendo uso do planejamento multivariado de experimentos**. 2011. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/265284>>. Acesso em: 24 de novembro de 2017.

ROSSI, Pedro Henrique Jochims; OLIVEIRA, Cássia Pederiva de. **Perguntas frequentes sobre energia eólica: Qual a definição de parque eólico?**. Disponível

em: <<http://www.pucrs.br/ce-eolica/faq.php?q=27>>. Acesso em: 20 de novembro de 2017.

RÜNCOS, FREDEMAR. **Gerador Eólico**. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-gerador-eolico-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 28 de maio de 2017.

SALMERON, Roberto A.. **Porque se usa corrente alternada**. 2007. Disponível em: <[http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/ac/corrente\\_alternada/](http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/ac/corrente_alternada/)>. Acesso em: 06 de agosto de 2017.

SANTANA, Claudio Marcio. **Análise de Vibrações em um Motor de Combustão Interna**. 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA8tgAL/analise-vibracoes-motor-combustao-interna>>. Acesso em: 18 de novembro de 2017.

SHAYAN, Rafael Amaral; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de; CAMARGO, Ivan Marques de Toledo. **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais**. 2006. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3427159/mod\\_resource/content/1/solar.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3427159/mod_resource/content/1/solar.pdf)>. Acesso em: 19 de novembro de 2017.

SORDI, Alexandre et al. **Análise Termodinâmica de um Ciclo de Potência com Célula a Combustível SOFC e Turbina a Vapor**. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/1287/719>>. Acesso em: 14 de maio de 2017.

SOUZA, Débora Jaqueline de; CONCATO, Ani Carla; ZANELATO, Felipe. **POLUIÇÃO SONORA NO ÂMBITO ESCOLAR – PREJUÍZO PARA O ENSINO E O APRENDIZADO**. 2014. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/IV-001.pdf>>. Acesso em: 04 de maio de 2017.

SOUZA, João Carlos. **UM ENSAIO SOBRE A PROBLEMÁTICA DOS DESLOCADOS AMBIENTAIS: a perspectiva legal, social e econômica**, in VEREDAS DO DIREITO, Belo Horizonte, v.7 , n.13/14, p.57-73, Janeiro/Dezembro de 2010. Disponível em: <<http://domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/viewFile/131/147>>. Acesso em: 24 de novembro de 2017.

SOUZA, Líria Alves de. "**Óleo diesel**"; Brasil Escola. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/oleo-diesel.htm>>. Acesso em 26 de outubro de 2017.

SOUZA, Lucas Ferreira de; MOREIRA, Luana Thayse; LUCIANO, Arquimedes. **ETAPAS NA PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL PARA UMA USINA NUCLEAR**. 2011. Disponível em: <[http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/lucas\\_ferreira\\_de\\_souza1.pdf](http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/lucas_ferreira_de_souza1.pdf)>. Acesso em: 20 de novembro de 2017.

SOUZA, Marcos Aurélio de. **Poluição Nuclear: A Inserção da Educação Ambiental no Ensino Médio na Perspectiva Globalizante Via Enfoque CTS**. 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/102682/222393.pdf?sequencia=1>>. Acesso em: 18 de novembro de 2017.

TILLMAN, Carlos Antonio da Costa. **Motores de Combustão Interna e seus Sistemas**. Disponível em: <[http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifsul/tecnico\\_biocombustivel/motores\\_combustao\\_interna\\_e\\_seus\\_sistemas.pdf](http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifsul/tecnico_biocombustivel/motores_combustao_interna_e_seus_sistemas.pdf)>. Acesso em: 04 de junho de 2017.

**Turbinas a Vapor**. 2015. Disponível em: <<http://www.dem.feis.unesp.br/intranet/capitulo11.pdf>>. Acesso em: 13 de junho de 2017.

USP. **Pesquisadores buscam reduzir ruídos de aeronaves e veículos lançadores**. 2016. Disponível em: <<http://www5.usp.br/103321/pesquisa-do-dcta-busca-reduzir-ruídos-de-aeronaves-e-de-veiculos-lancadores/>>. Acesso em: 24 de novembro de 2017.

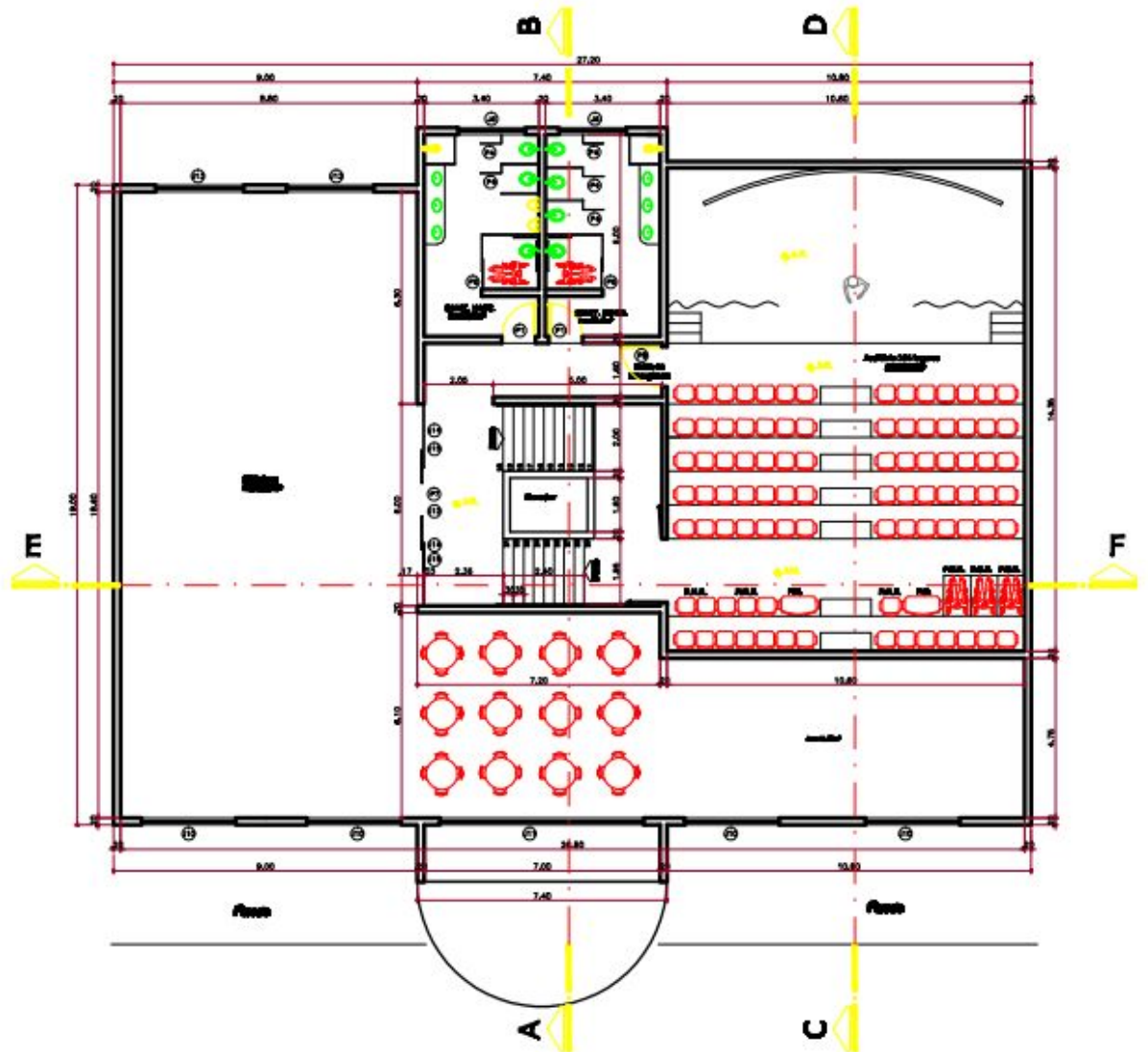
VARELLA, Carlos Alberto Alves. **PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA**. Disponível em: <[http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154\\_motores\\_e\\_tratores/Aulas/principios\\_de\\_funcionamento.pdf](http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Aulas/principios_de_funcionamento.pdf)>. Acesso em: 04 de junho de 2017.

VENTOS, Casa dos. **Energia eólica**. Disponível em: <<http://casadosventos.com.br/pt/energia-dos-ventos/energia-eolica>>. Acesso em: 20 de novembro de 2017.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho et al. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. 2012. ELEKTRO Eletricidade e Serviços S.A. Disponível em: <[https://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientização Energética/Livro\\_Eficiencia\\_Energetica.pdf](https://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientização_Energética/Livro_Eficiencia_Energetica.pdf)>. Acesso em: 23 de abril de 2017.

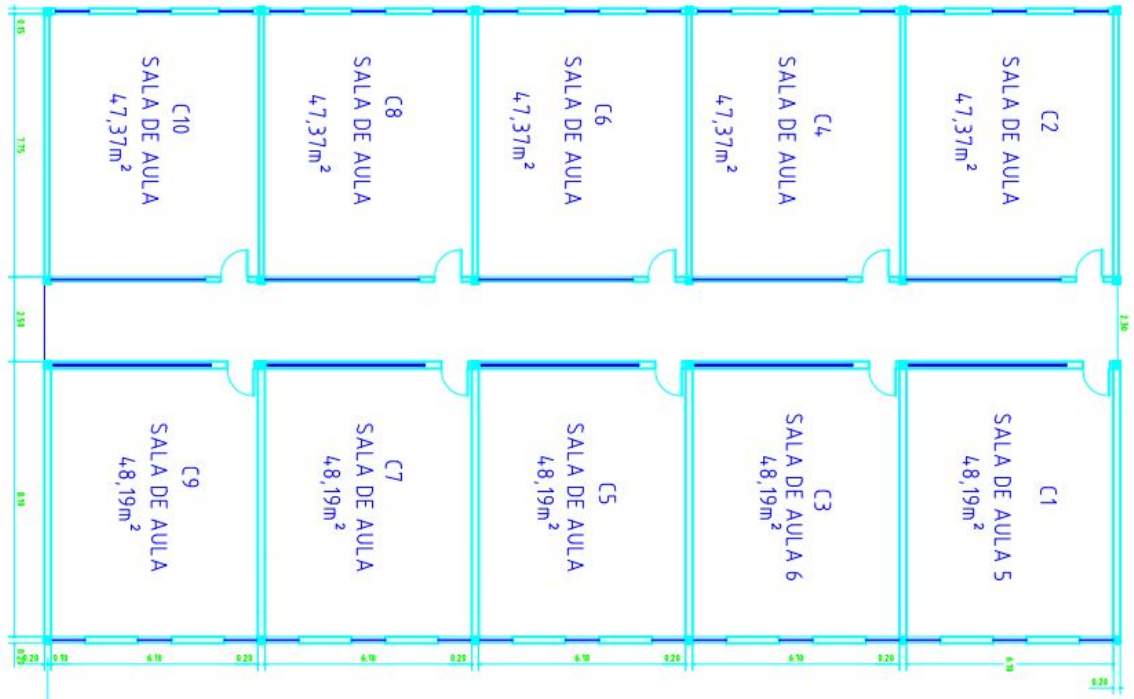
# ANEXOS

## Anexo 1: Bloco AA

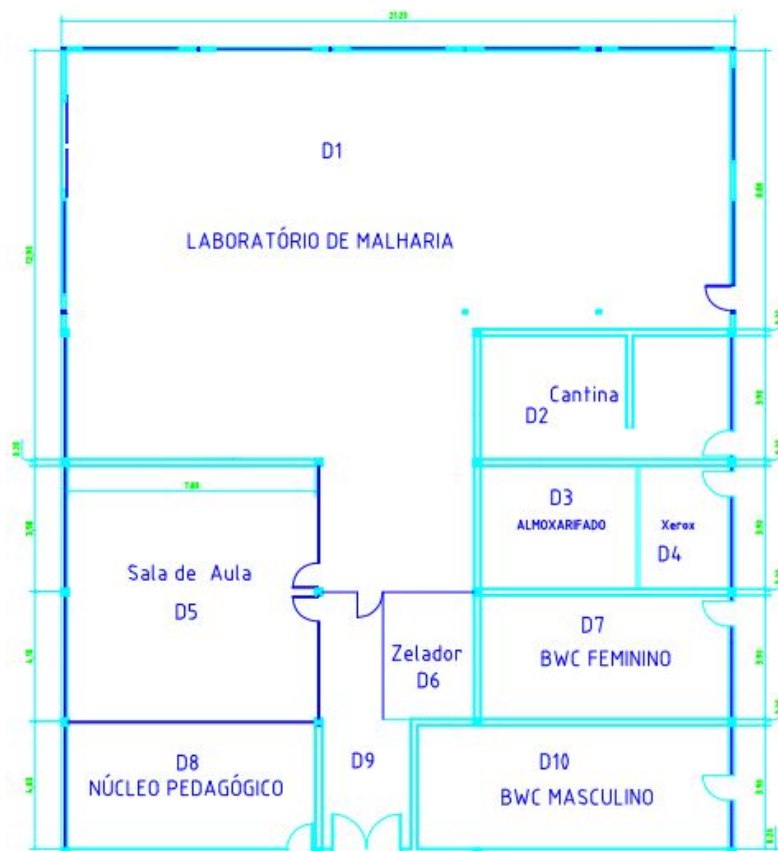




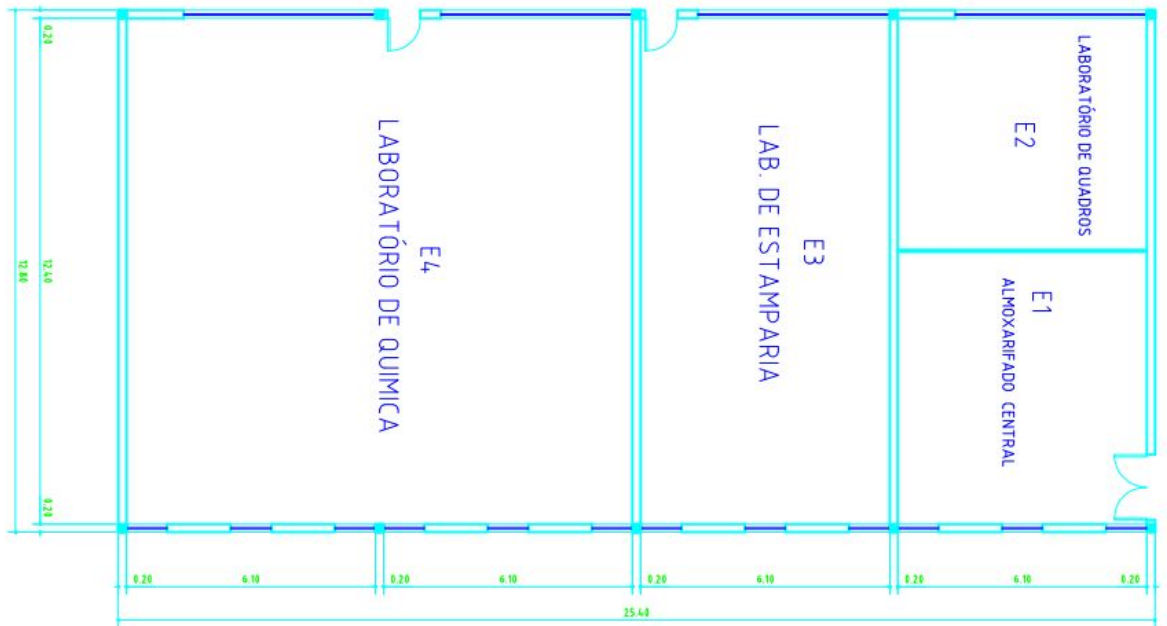
### Anexo 4: Bloco C



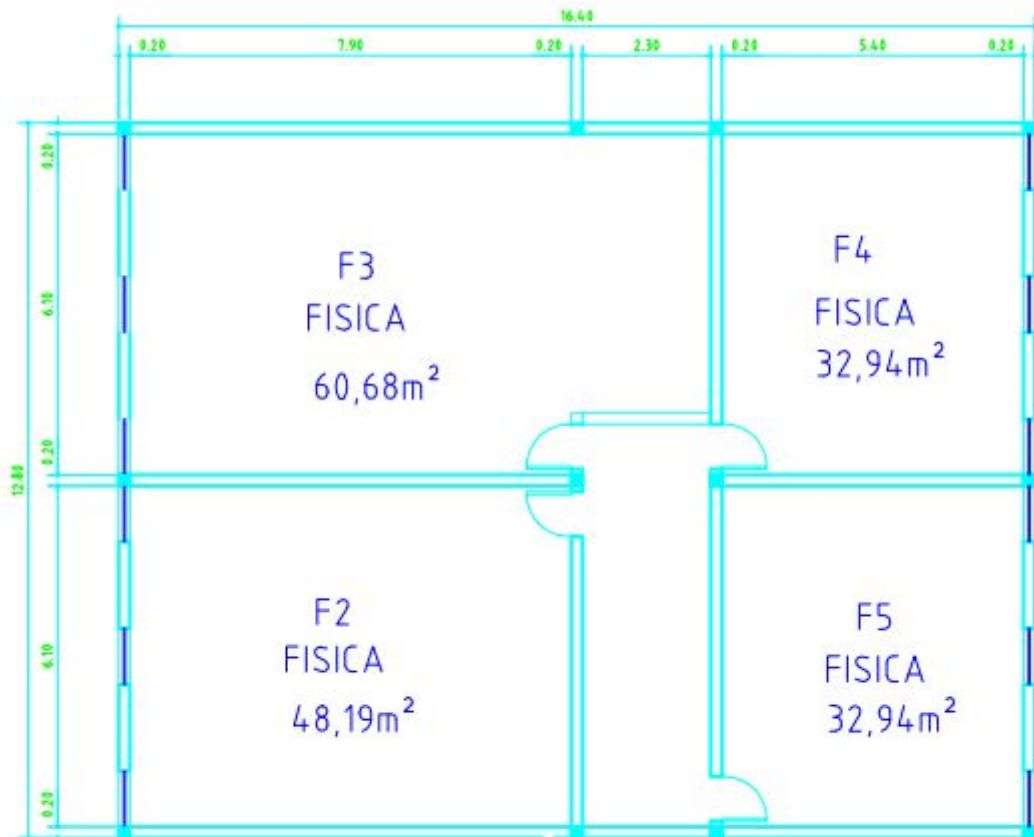
### Anexo 5: Bloco D



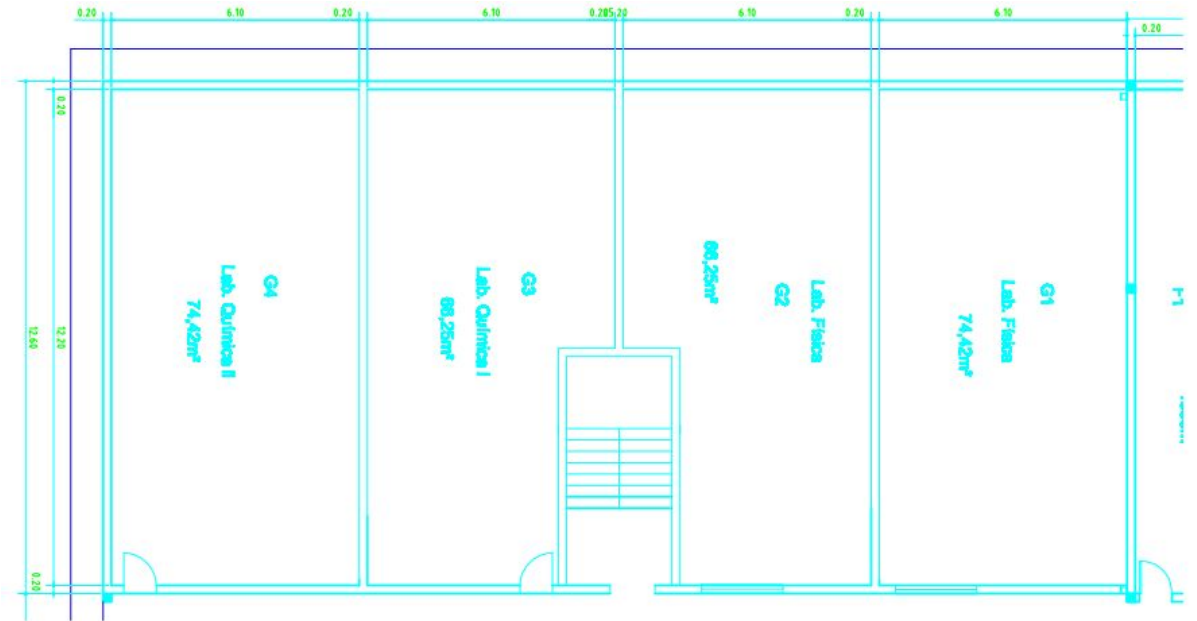
Anexo 6: Bloco E



Anexo 7: Bloco F



Anexo 8: Bloco G



Anexo 9: Bloco H

