

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS – *CAMPUS* FORMIGA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ESTUDO DE CASO: CÁLCULO DA DEMANDA DE ENERGIA
ELÉTRICA PARA O IFMG *CAMPUS* FORMIGA**

FABIANO JOSÉ RODRIGUES

**FORMIGA – MG
2014**

FABIANO JOSÉ RODRIGUES

**ESTUDO DE CASO: CÁLCULO DA DEMANDA DE ENERGIA
ELÉTRICA PARA O IFMG *CAMPUS* FORMIGA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Minas Gerais como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Renan Souza Moura

FORMIGA – MG

2014

FABIANO JOSÉ RODRIGUES

**ESTUDO DE CASO: CÁLCULO DA DEMANDA DE ENERGIA
ELÉTRICA PARA O IFMG *CAMPUS* FORMIGA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica
do Instituto Federal de Minas Gerais como
requisito para obtenção do título de bacharel
em Engenharia Elétrica.

BANCA EXAMINADORA

Renan Souza Moura
Orientador

José Antônio Moreira de Rezende.
Avaliador

Carlos Renato Borges dos Santos
Avaliador

Formiga, 13 de Outubro de 2014.

R696e Rodrigues, Fabiano José

Estudo de caso: cálculo da demanda de energia elétrica para o IFMG:
Campus Formiga. / Fabiano José Rodrigues. – Formiga, MG., 2014.

79p.: il.

Orientador: Prof. Ms. Renan Souza Mouras

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal Minas Gerais – Campus
Formiga.

1. Cálculo de demanda de energia. 2. Fornecimento de energia.
I. Moura, Renan Souza. II. Título.

CDD 621.3

Dedico este trabalho aos meus pais, por dividirem comigo os momentos de alegria e tristeza. À minha irmã, e à minha tia Edilze, por sempre passarem energia positiva.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, Senhor Supremo de todas as coisas, e responsável por tudo o que acontece em minha vida.

Ao Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG, pela intensa dedicação em formar profissionais de qualidade.

Ao orientador, o professor Renan Souza Moura, por todo o apoio dado, e principalmente pelas inúmeras correções realizadas, sempre com muita disponibilidade.

A todos os funcionários do IFMG por sempre serem apoiadores em meu curso, em especial à Laressa.

A todos os meus amigos, que sempre torceram por mim, e, ainda que inconscientemente, sempre conseguiram me deixar um pouco mais animado.

E por último, e não menos importante, à minha família, minha base, meu porto seguro. A vocês minha enorme gratidão, por me ensinarem a nunca desistir. À minha mãe Elizabeth e a Tia Edilze pelas inúmeras orações e correntes de positivismo. Ao meu pai Dejair pelas experiências de vida, pelos conselhos, e à minha irmã Flaviane, por conseguir me suportar.

A todos o meu muito obrigado!

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso consiste em verificar o cálculo de demanda de energia elétrica contratada no *Campus* Formiga do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. O contrato atual de fornecimento de energia está sobre estimado, ou seja, a demanda contratada é muito maior do que a demanda consumida, gerando desperdício de receita.

Ao longo do presente trabalho será apresentada a metodologia de cálculo utilizada pela CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais - que é a responsável pelo abastecimento da cidade de Formiga), utilizada como material de apoio. A CEMIG possui várias normas técnicas, voltadas para as áreas de atuação da empresa, sendo que cada uma delas possui uma aplicação específica. A Norma de interesse, utilizada no decorrer do trabalho, é a ND 5.1. Esta norma trata do fornecimento de energia elétrica em tensão secundária, em redes de distribuição aéreas, com entradas individuais.

O estudo realizado também considera a expansão de cargas do IFMG – *Campus* Formiga, com a estimativa de cargas para futuro bloco de salas de aulas.

Como conclusão, o trabalho sugere um novo contrato de demanda de energia elétrica, capaz de suprir o funcionamento de todo o *Campus*, levando em consideração as futuras instalações.

Palavras chave: Cálculo de Demanda, Fornecimento de Energia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - BLOCO 'A' - IFMG CAMPUS FORMIGA	17
FIGURA 2 - BLOCO 'B' - IFMG CAMPUS FORMIGA.	18
FIGURA 3 – OBRAS PARA A CONSTRUÇÃO DO FUTURO BLOCO 'C'	18
FIGURA 4 - HISTÓRICO DE DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA.....	19
FIGURA 5 - DISTRIBUIÇÃO DE DEMANDAS AO LONGO DO DIA.	72

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ESTRUTURA TARIFÁRIA GRUPO A	22
TABELA 2 - ESTRUTURA TARIFÁRIA GRUPO B.	23
TABELA 3 - FATORES DE UTILIZAÇÃO PARA ILUMINAÇÃO E TOMADAS.	28
TABELA 4 - FATORES DE DEMANDA DE FORNOS E FOGÕES ELÉTRICOS.	30
TABELA 5 - FATORES DE DEMANDA DE APARELHOS ELETRODOMÉSTICOS.	30
TABELA 6 - FATORES DE DEMANDA DE APARELHOS CONDICIONADORES DE AR.	31
TABELA 7 - FATORES DE DEMANDA INDIVIDUAL DE MOTORES MONOFÁSICOS.....	32
TABELA 8 - FATORES DE DEMANDA INDIVIDUAL DE MOTORES TRIFÁSICOS.....	32
TABELA 9 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA ILUMINAÇÃO E TOMADAS.....	35
TABELA 10 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA CHUVEIROS, TORNEIRAS E CAFETEIRAS.	36
TABELA 11 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA AQUECEDORES DE ÁGUA.	37
TABELA 12 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA FORNOS ELÉTRICOS.....	38
TABELA 13 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA FERROS ELÉTRICOS.	39
TABELA 14 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA DEMAIS EQUIPAMENTOS.	40
TABELA 15 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA CONDICIONADORES DE AR.	43
TABELA 16 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA MOTORES ELÉTRICOS.	44
TABELA 17 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA TRANSFORMADORES ELÉTRICOS.....	45
TABELA 18 - DESCRIÇÃO DE AMBIENTES PARA O BLOCO 'C'.	48
TABELA 19 - PREVISÃO DE CARGAS PARA O BLOCO 'C'.	48
TABELA 20 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA ILUMINAÇÃO E TOMADAS.....	54
TABELA 21 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA CHUVEIROS, TORNEIRAS E CAFETEIRAS.	55
TABELA 22 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA AQUECEDORES DE ÁGUA.	56
TABELA 23 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA FORNOS ELÉTRICOS.....	57
TABELA 24 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA FERROS ELÉTRICOS.	58
TABELA 25 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA DEMAIS EQUIPAMENTOS.	59
TABELA 26 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA CONDICIONADORES DE AR.	62
TABELA 27 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA MOTORES ELÉTRICOS.	63
TABELA 28 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA TRANSFORMADORES ELÉTRICOS.....	64
TABELA 29 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA ILUMINAÇÃO E TOMADAS.....	66
TABELA 30 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA CHUVEIROS, TORNEIRAS E CAFETEIRAS.	67
TABELA 31 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA FORNOS ELÉTRICOS.....	68
TABELA 32 - CÁLCULO DE DEMANDA PARA EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS.	69

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais.

DEC - Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora.

FEC - Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora.

ND 5.1 - Norma de Distribuição 5.1 Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária - Rede de Distribuição Aérea Edificações Individuais.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Problema	14
1.2 Justificativa	16
1.3 Hipóteses	18
1.4 Histórico de Tarifação.....	19
2 OBJETIVOS.....	20
2.1 Objetivo geral	20
2.2 Objetivos específicos	20
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
3.1 Introdução	21
3.2 Estrutura Tarifária em Vigor	22
3.3 Demanda e consumo de energia elétrica	25
3.4 Ultrapassagem de Demanda.....	26
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 Cálculo de Demanda	27
4.1.1 Cálculo do Fator 'a' – Demanda referente à iluminação e tomadas	28
4.1.2 Cálculo do Fator 'b' – Demanda relativa aos aparelhos domésticos e de aquecimento.....	29
4.1.3 Cálculo do Fator 'c' – Demanda relativa aos aparelhos condicionadores de ar	31
4.1.4 Cálculo do Fator 'd' – Demanda relativa aos motores elétricos monofásicos e trifásicos	31
4.1.5 Cálculo do Fator 'e' – Demanda relativa aos transformadores e máquinas de solda.....	33

4.1.6 Cálculo do Fator 'f' – Demanda relativa aos aparelhos de Raio-X	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 Cálculo de Demanda para os Blocos A e B.....	34
5.1.1 Cálculo do fator 'a' – demanda referente à iluminação e tomadas.....	35
5.1.2 Cálculo do fator 'b' – demanda referente a aparelhos eletrodomésticos.....	35
5.1.2.1 Cálculo do fator 'b1'.....	36
5.1.2.2 Cálculo do fator 'b2'.....	37
5.1.2.3 Cálculo do fator 'b3'.....	37
5.1.2.4 Cálculo do fator 'b4'.....	38
5.1.2.5 Cálculo do fator 'b5'.....	40
5.1.2.6 Cálculo final do fator 'b'.....	42
5.1.3 Cálculo do fator 'c' – demanda de aparelhos condicionadores de ar.....	43
5.1.4 Cálculo do fator 'd' – demanda de motores elétricos.....	44
5.1.5 Cálculo do fator 'e' – demanda de transformadores.....	45
5.1.6 Cálculo da demanda total para os Blocos 'A' e 'B'.....	46
5.2 Cálculo da Demanda para o Bloco 'C'.....	47
5.2.1 Cálculo do fator 'a' – demanda referente à iluminação e tomadas.....	48
5.2.2 Cálculo do fator 'b' – equipamentos elétricos.....	49
5.2.3 Cálculo do fator 'c' – demanda de condicionadores de ar.....	50
5.2.4 Cálculo da Demanda Total prevista para o Bloco 'C'.....	51
5.3 Cálculo da Demanda Total para o Campus Formiga – Caso 1:.....	51
6 CÁLCULO DE DEMANDA CONSIDERANDO O HORÁRIO DE OPERAÇÃO DAS CARGAS.....	53
6.1 Cálculo da Demanda para os Blocos 'A' e 'B' considerando o período diurno ...	54
6.1.1 Cálculo do fator 'a' – demanda referente à iluminação e tomadas.....	54
6.1.2 Cálculo do fator 'b' – demanda referente a aparelhos eletrodomésticos.....	55

6.1.2.1 Cálculo do fator 'b1'	55
6.1.2.2 Cálculo do fator 'b2'	56
6.1.2.3 Cálculo do fator 'b3'	57
6.1.2.4 Cálculo do fator 'b4'	57
6.1.2.5 Cálculo do fator 'b5'	58
6.1.2.6 Cálculo total do fator 'b'	61
6.1.3 Cálculo do fator 'c' – demanda de condicionadores de ar	62
6.1.4 Cálculo do fator 'd' – demanda de motores elétricos	63
6.1.5 Cálculo do fator 'e' – demanda de transformadores	64
6.1.6 Cálculo da demanda total para os Blocos 'A' e 'B' para cargas diurnas	65
6.2 Cálculo de Demanda para os Blocos 'A' e 'B' considerando o período noturno	66
6.2.1 Cálculo do fator 'a' – demanda referente à iluminação e tomadas	66
6.2.2 Cálculo do fator 'b' – demanda referente a aparelhos eletrodomésticos	67
6.2.2.1 Cálculo do fator 'b1'	67
6.2.2.2 Cálculo do fator 'b3'	68
6.2.2.3 Cálculo do fator 'b5'	68
6.2.2.4 Cálculo total do fator 'b'	70
6.2.3 Cálculo do fator 'c' – demanda de condicionadores de ar	71
6.2.4 Cálculo da demanda total para os Blocos 'A' e 'B' para cargas noturnas	71
6.3 Relação entre as Demandas Total, Diurna e Noturna	72
7 CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS	74
ANEXO A – POTÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS REFERENTES AOS BLOCOS 'A' E 'B'	77

1 INTRODUÇÃO

1.1 Problema

É obrigação primordial da concessionária o fornecimento de energia elétrica aos seus consumidores. Para cumprir esse compromisso, as empresas distribuidoras possuem custos que devem ser cobertos pela tarifa de energia (Ozur, 2011). De modo geral, a conta de luz é o ressarcimento por parte do consumidor à concessionária de alguns custos distintos, além de encargos e tributos:

- Geração de energia;
- Transporte de energia até as casas (Transmissão + Distribuição);
- Encargos e tributos.

A partir da Lei nº 10.848/2004, o valor da geração da energia comprada pelas distribuidoras para revender aos seus consumidores passou a ser determinado em leilões públicos. Antes dessa lei, as distribuidoras podiam comprar livremente a energia a ser revendida, com limite de preço fixado pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). O objetivo dos leilões é garantir, além da transparência no custo da compra de energia, a competição e melhores preços (ALMEIDA; OLIVEIRA, 2002).

O transporte da energia, do ponto de geração até o consumidor final, é um monopólio natural, pois a competição nesse segmento não traz benefícios econômicos. Por essa razão, a ANEEL atua para que as tarifas desse

segmento sejam compostas apenas pelos custos que efetivamente se relacionam com os serviços prestados, de forma a torná-las justas. Adicionalmente a esses custos, existem os encargos e os tributos, que não são criados pela ANEEL, mas por leis. Alguns deles incidem somente sobre o custo de distribuição, enquanto outros estão embutidos nos custos de geração e transmissão.

A ANEEL, como forma de manter a qualidade dos serviços prestados pelas empresas distribuidoras de energia elétrica, exige que as concessionárias mantenham um padrão de continuidade de fornecimento e, para tal, estipula limites para os indicadores coletivos DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora). Através desses indicadores, é possível por parte do Operador Nacional do Sistema (ONS) definir padrões de serviços de maneira a:

- Fornecer mecanismos para acompanhamento e controle do desempenho das concessionárias distribuidoras e das transmissoras;
- Fornecer subsídios para os eventuais planos de reforma, melhoramento e expansão de infraestrutura das distribuidoras;
- Oferecer aos consumidores parâmetros para a avaliação do serviço prestado pelas distribuidoras;

Os consumidores, por sua vez, através do contrato de fornecimento de energia elétrica, reservam uma demanda de potência ativa, que deve ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, e deve ser integralmente paga, seja utilizada ou não utilizada, durante o período de faturamento (ANEEL, 2012). Sendo assim, é interessante para os consumidores

uma carga em operação o mais próximo possível do contrato firmado, como maneira de se reduzir os custos com fornecimento elétrico.

O enfoque do trabalho será a otimização de um contrato de fornecimento de energia elétrica. O valor de demanda de energia elétrica contratado pelo *Campus Formiga* junto à CEMIG é muito superior ao que é consumido: Inicialmente, uma demanda de 300 kVA era solicitada à concessionária. Esse primeiro valor foi reduzido e atualmente a demanda contratada é de 150 kVA. Entretanto, a demanda que efetivamente é consumida no IFMG está próxima de 45 kVA. Esta diferença entre o que é contratado e o que é consumido torna-se uma receita que não é aproveitada, e que poderia ser utilizada em outras áreas do *Campus*. O presente trabalho propõe uma redução de gastos através da revisão do contrato de energia elétrica junto à CEMIG, encontrando um valor mais adequado às necessidades da instituição de ensino.

1.2 Justificativa

A criação dos Institutos Federais de Educação Ciência e Tecnologia foi assunto recorrente nos debates sobre educação por todo o território nacional. A expansão da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica através da identificação de cidades-pólo, tem elevado a contribuição da rede federal no desenvolvimento socioeconômico do país incluindo locais historicamente postos à margem das políticas públicas voltadas para esta modalidade.

Neste cenário, o IFMG – *Campus Formiga* surgiu como uma instituição pública federal que tem como objetivo oferecer uma educação gratuita e de qualidade, buscando o desenvolvimento social, tecnológico e econômico do Centro-Oeste Mineiro (IFMG, 2014).

Ainda em fase de consolidação na cidade de Formiga, o IFMG passa atualmente por um processo de expansão física, com a construção de um novo Bloco de salas de aula e salas técnicas. Além disso, os prédios já existentes estão em processo de reforma e adequação às necessidades da comunidade acadêmica.

A energia elétrica é fundamental para a plena operação do IFMG *Campus Formiga*, quer seja para a iluminação de ambientes, para o funcionamento de equipamentos, como para o bem estar da comunidade acadêmica. Entretanto, o contrato de fornecimento de energia elétrica precisa ser o mais próximo possível daquilo que é consumido no local, uma vez que paga-se pelo valor de demanda contratada, independentemente de quanto dessa demanda é consumida, caso este valor não seja ultrapassado. As FIGURAS 1 e 2 apresentam uma visão geral dos Blocos 'A', e 'B', respectivamente.



*Figura 1 - Bloco 'A' - IFMG Campus Formiga.
(Fonte: IFMG, 2014)*



*Figura 2 - Bloco 'B' - IFMG Campus Formiga.
(Fonte: IFMG, 2014)*

A FIGURA 3 apresenta uma visão geral do espaço físico que o IFMG *Campus* Formiga possuirá após a conclusão das obras de expansão.



*Figura 3 – Obras para a construção do futuro Bloco 'C'.
(Fonte: IFMG, 2014).*

1.3 Hipóteses

O valor de demanda de energia elétrica de 150 kVA, atualmente contratado, está acima do que é consumido no *Campus* Formiga. Este valor atual foi reduzido, pois antes valia 300 kVA. Uma hipótese é que este valor foi obtido levando-se em consideração o acionamento de todas as cargas do ambiente ao mesmo tempo.

O estudo de demanda para o IFMG em diferentes períodos do dia permitirá uma revisão no contrato de fornecimento de energia, sugerindo um valor mais próximo à realidade do local.

As plantas de todos os Blocos do IFMG - *Campus Formiga*, assim como demais informações construtivas, estão disponíveis para consulta no portal eletrônico da instituição. Esses dados não foram incluídos no presente trabalho, por não serem de grande relevância aos cálculos aqui realizados.

1.4 Histórico de Tarifação

O gráfico abaixo apresenta os valores de demanda de energia elétrica medidos entre o período de Julho de 2013 e Setembro de 2014:

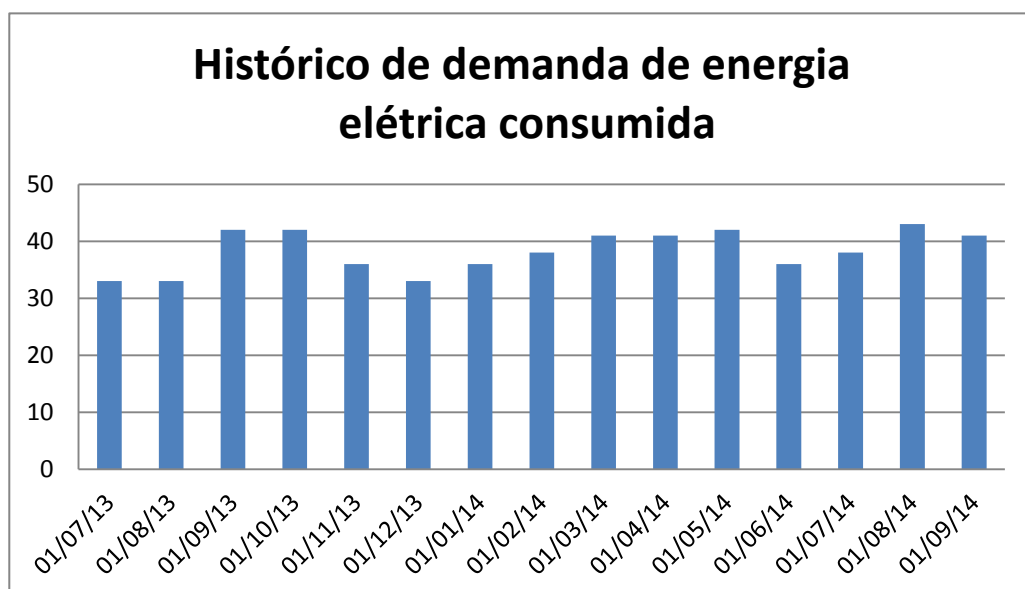


Figura 4 - Histórico de demanda de energia elétrica consumida.

(Fonte: IFMG, 2014).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral a análise do atual contrato de demanda de energia elétrica assinado entre a CEMIG e o Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Formiga. Espera-se, através de uma revisão nos cálculos de demanda do referido local, que soluções sejam encontradas visando uma redução nos custos de consumo.

2.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos, será proposto um valor de demanda a ser contratado pelo IFMG – *Campus* Formiga, levando em consideração o regime de operação de cargas ao longo do dia.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Introdução

Um estudo da tarifação da energia trata da avaliação do consumo de energia e de seu impacto econômico. Do ponto de vista de um consumidor de grande porte, um estudo bem elaborado pode reduzir os gastos com energia elétrica sem resultar em diminuição de produtividade (Ozur, 2011)..

Tanto as empresas concessionárias quanto as contratantes possuem interesse na correta medição e tarifação de energia, uma vez que implicam diretamente nas despesas financeiras. Dessa forma, os aparelhos utilizados para medição e faturamento de energia elétrica, chamados de medidores de energia e demanda, foram evoluindo ao longo do tempo (Ozur, 2011).

Recentemente, devido às crises energéticas que acometeram em alguns países, principalmente os da América Latina, fez-se necessário realizar estudos de atualização, de maneira a acompanhar o desenvolvimento tecnológico que o setor vem passando. Os problemas de Gestão de Energia no Brasil só foram percebidos após a conscientização ecológica ocorrida no início dos anos 2000 (HUAYLLAS, 2008).

3.2 Estrutura Tarifária em Vigor

Para facilidade de compreensão quanto aos processos de gerenciamento de energia elétrica, serão apresentados a seguir os principais conceitos relacionados à estrutura tarifária atual do consumo energético no Brasil (CEMIG, ?).

Os consumidores brasileiros são divididos em dois grupos, de acordo com a tensão de fornecimento:

Os consumidores do grupo A (Alta Tensão) consistem nos que são ligados em tensões iguais ou superiores a 2,3 kV, subdivididos conforme a TABELA 1 abaixo:

Tabela 1 - Estrutura tarifária Grupo A

Sub-grupo A1	Sub-grupo A2	Sub-grupo A3	Sub-grupo A4	Sub-grupo AS
230kV ou mais	88kV a 138kV	69kV	2,3kV a 25kV	Subterrâneo (Redes elétricas subterrâneas)

fonte: (CEMIG, ?)

Já os consumidores do grupo B (Baixa Tensão) são constituídos pelos consumidores ligados em tensão inferior a 2,3kV (110V, 220V, 440V), subdivididos conforme a TABELA 2:

Tabela 2 - Estrutura tarifária Grupo B.

Sub-grupo B1	Sub-grupo B2	Sub-grupo B3	Sub-grupo B4
Residencial e Residencial de baixa renda	Rural, Cooperativa de eletrificação rural.	Demais Classes	Iluminação Pública

fonte: (CEMIG, ?)

Além da classificação por nível de tensão, outra modalidade de tarifação utilizada é chamada de modalidade Horo-Sazonal, que consiste em aplicação de tarifas diferenciadas considerando o consumo de energia elétrica e demanda de acordo com o horário de utilização e dos períodos do ano. As tarifas verde e azul contemplam a utilização de alguns conceitos, que serão apresentados a seguir (ANEEL, 2012):

- Horário de ponta: corresponde ao intervalo de três horas consecutivas, definido pela concessionária, de segunda à sexta-feira;
- Horário fora de ponta: corresponde às horas complementares ao horário de ponta, acrescido do total de horas dos sábados e domingos e feriados nacionais;
- Demanda medida: é a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado. Assim, esta potência média, expressa em quilowatts (kW), pode ser calculada dividindo-se a energia elétrica absorvida pela carga, num determinado intervalo de tempo, por este intervalo de tempo. Os medidores instalados no Brasil operam com intervalo de tempo igual a 15 minutos;

- Demanda contratada: é o valor de demanda a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, continuamente, durante a vigência do contrato. Este valor é contratado pelo consumidor e deverá ser pago à concessionária independentemente de sua utilização;
- Período Seco: compreende o intervalo de 7 meses consecutivos, correspondentes aos fornecimentos determinados pelas leituras dos meses de Maio a Novembro de cada ano;
- Período Úmido: compreende o intervalo de 5 meses consecutivos, correspondente aos meses de Dezembro de um ano a Abril do ano seguinte.

A Tarifa Verde, segundo a CEMIG (CEMIG,?), é uma modalidade que só pode ser aplicada a unidades consumidoras atendidas em tensão inferior a 69kV (A3a, A4 e AS), sendo necessário um contrato específico, com as seguintes características:

- Um único valor de demanda contratada (kW), independente do posto horário (ponta ou fora de ponta), sendo aplicada uma única tarifa para esta demanda;
- Dentro do período de faturamento, a demanda faturável será o maior valor entre a demanda contratada e a demanda medida;
- Um único valor de tarifa para o caso de ultrapassagem de demanda.

A Tarifa Azul, de acordo com a CEMIG (CEMIG,?), é considerada a modalidade tarifária que tem aplicação compulsória para as unidades consumidoras atendidas em tensão igual ou superior a 69kV (A1, A2 e A3), sendo opcionais para

as demais consumidoras. Exige um contrato específico entre a distribuidora de energia e o consumidor, onde se destacam as seguintes cláusulas:

- Dois valores de demanda contratada (kW), um para o segmento de ponta e o outro para o segmento fora de ponta;
- Para cada posto horário é aplicado uma tarifa diferente, sendo a tarifa de ponta da ordem de 3 vezes o valor da tarifa fora de ponta;
- Dentro do período de faturamento, a demanda faturável será o maior dentre a demanda contratada e a demanda medida em cada posto horário;
- São aplicadas tarifas diferentes para o período de ponta e fora de ponta em caso de ultrapassagem da demanda contratada (Ozur, 2011).

3.3 Demanda e consumo de energia elétrica

De acordo com ANEEL (ANEEL, 2012): “Demanda: média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado”. No Brasil o intervalo de tempo (período de integração) é de 15 minutos, portanto, em um mês terá: $30 \text{ dias} \times 24 \text{ horas} / 15 \text{ minutos} = 2880$ intervalos.

A demanda, conforme afirma Matheus (MATHEUS, 2003), representa a estrutura de geração e transmissão da energia elétrica que a concessionária disponibiliza ao consumidor. Ela é disponibilizada perante contrato com a concessionária, onde esta se responsabiliza em manter essa estrutura de fornecimento e o consumidor, por sua vez, compromete-se a pagar por essa

estrutura, usando-a ou não, e ele também não deve ultrapassar os valores contratados podendo ser cobradas multas pesadas, caso isso ocorra. Já o consumo representa a quantidade de energia ativa consumida.

3.4 Ultrapassagem de Demanda

A monitoração da demanda de energia a ser tarifada é realizada através da média dos 15 minutos de integração. A demanda de energia é contratada junto à concessionária, e paga-se por ela independente do uso (CEMIG, ?).

Segundo a CEMIG (CEMIG, ?), a ultrapassagem de demanda elétrica é controlada com base nos valores médios da integração de 15 minutos, ou seja, a demanda média de 15 minutos não pode ultrapassar a demanda contratada. Caso ocorra a ultrapassagem, a concessionária cobrará a multa com base no maior valor registrado em todo o mês.

Existe ainda uma tolerância sobre o valor de demanda contratada para que não haja cobrança de multas, conforme definido na resolução normativa 414, atualizada em 2012:

‘Quando os montantes de demanda de potência ativa ou de uso do sistema de distribuição medidos excederem em mais de 5% os valores contratados, deve ser adicionada ao faturamento regular a cobrança pela ultrapassagem de demanda.’ (ANEEL, 2012). A metodologia envolvida no cálculo de multas por ultrapassagem de demanda não é enfoque do trabalho.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo apresenta de maneira sucinta uma maneira de calcular a demanda de uma instalação elétrica com a devida classificação dos equipamentos energizados.

4.1 Cálculo de Demanda

Segundo a ND 5.1 da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG (CEMIG, 2013), para a definição do tipo de fornecimento da localidade, o consumidor deve determinar a carga instalada, somando-se a potência, em KVA, dos aparelhos de iluminação, aquecimento, eletrodomésticos, refrigeração, motores, transformadores e máquinas de solda que possam ser ligados na unidade consumidora. Os aparelhos com previsão de serem adquiridos e instalados futuramente também podem ser computados no cálculo, a critério do consumidor, visando dimensionar a entrada de serviço já considerando o aumento de carga da unidade consumidora.

De acordo com a CEMIG, o dimensionamento da entrada de serviço das unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V), com carga instalada superior a 15,1kW deve ser feito pela demanda provável da edificação.

A expressão para o cálculo de demanda é dada pela Equação 1:

$$D = a + b + c + d + e + f, \quad \text{Equação 1}$$

a = demanda referente à iluminação e às tomadas de uso geral;

b = demanda relativa aos aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento;

c = demanda relativa aos aparelhos condicionadores de ar;

d = demanda dos motores monofásicos e trifásicos;

e = demanda de máquinas de solda e transformadores;

f = demanda de aparelhos de Raio-X.

4.1.1 Cálculo do Fator 'a' – Demanda referente à iluminação e tomadas

Para unidades consumidoras não residenciais, deve-se adotar o fator de demanda específico que melhor se enquadre ao ambiente em análise (HORTA, 2001). Os fatores de demanda tipicamente utilizados para iluminação e tomadas são apresentados na TABELA 3, para consumidores não residenciais:

Tabela 3 - Fatores de utilização para iluminação e tomadas.

Descrição	Fator de Demanda
oficina, indústrias e semelhantes	1 para os primeiros 20KVA 0,8 para o que exceder 20KVA
hotéis e semelhantes	0,50 para os primeiros 20KVA 0,40 para o que exceder 20KVA
auditórios, cinemas e semelhantes	1
bancos e semelhantes	1
barbearias, salões de beleza e semelhantes	1
escolas e semelhantes	1 para os primeiros 20KVA 0,8 para o que exceder 20KVA
escritórios, lojas e salas comerciais	1 para os primeiros 20KVA 0,8 para o que exceder 20KVA

fonte: (CEMIG, ?)

Tabela 3 (continuação) - Fators de utilização para iluminação e tomadas.

Descrição	Fator de Demanda
garagens comerciais e semelhantes	1
clínicas, hospitais e semelhantes	1 para os primeiros 20KVA 0,8 para o que exceder 20KVA
igrejas, templos e semelhantes	1
restaurantes, bares e semelhantes	1
áreas comuns e condomínios	1 para os primeiros 20KVA 0,8 para o que exceder 20KVA
Salões de festa	1

fonte: (CEMIG, ?)

4.1.2 Cálculo do Fator 'b' – Demanda relativa aos aparelhos domésticos e de aquecimento

Os fatores de demanda fornecidos pela TABELA 4 devem ser aplicados, separadamente, à carga instalada dos seguintes grupos de aparelhos:

- b1: chuveiros, torneiras e cafeteiras elétricas;
- b2: aquecedores de água por acumulação e por passagem;
- b3: fornos, fogões e aparelhos tipo "Grill";
- b4: máquinas de lavar e secar roupas, máquinas de lavar louças e ferro elétrico;
- b5: demais aparelhos (TV, conjunto de som, ventilador, geladeira, freezer, torradeira, liquidificador, batedeira, exaustor, ebulidor, etc.).

Tabela 4 - Fatores de Demanda de Fornos e Fogões Elétricos.

Número de Aparelhos	Fator de Demanda	
	Potência até 3,5KW	Potência superior a 3,5KW
1	0,8	1
2	0,75	1
3	0,7	0,8
4	0,66	0,65
5	0,62	0,55
6	0,59	0,5
7	0,56	0,45
8	0,53	0,43
9	0,51	0,4
10	0,49	0,36
11	0,47	0,35
12	0,45	0,34

fonte: (CEMIG, ?)

Para aparelhos eletrodomésticos, de aquecimento e de refrigeração, os fatores de demanda que devem ser aplicados são fornecidos pela TABELA 5:

Tabela 5 - Fatores de Demanda de aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento.

Número de Aparelhos	Fator de Demanda %	Número de Aparelhos	Fator de Demanda %
1	100	16	43
2	92	17	42
3	84	18	41
4	76	19	40
5	70	20	40
6	65	21	39
7	60	22	39
8	57	23	39
9	54	24	38
10	52	25	38
11	49	26 a 30	37
12	48	31 a 40	36
13	46	41 a 50	35
14	45	51 a 60	34
15	44	61 ou mais	33

fonte: (CEMIG, ?)

4.1.3 Cálculo do Fator 'c' – Demanda relativa aos aparelhos condicionadores de ar

O cálculo de demanda de energia elétrica relativa aos aparelhos condicionadores de ar leva em consideração o número de equipamentos presentes na instalação. O fator de demanda adequado para a quantidade de aparelhos é fornecido pela TABELA 6:

Tabela 6 - Fators de Demanda de aparelhos condicionadores de ar.

Número de Aparelhos	Fator de Demanda %	Número de Aparelhos	Fator de Demanda %
1	100	16	43
2	92	17	42
3	84	18	41
4	76	19	40
5	70	20	40
6	65	21	39
7	60	22	39
8	57	23	39
9	54	24	38
10	52	25	38
11	49	26 a 30	37
12	48	31 a 40	36
13	46	41 a 50	35
14	45	51 a 60	34
15	44	61 ou mais	33

fonte: (CEMIG, ?)

4.1.4 Cálculo do Fator 'd' – Demanda relativa aos motores elétricos monofásicos e trifásicos

As TABELAS 7 e 8 são utilizadas para que se encontre o fator de demanda adequado à instalação para motores elétricos, dependendo do número de fases do motor. Os valores de demanda apresentados são individuais. Para se obter a

demanda total, deve-se multiplicar a demanda individual encontrada pelo número de motores do determinado grupo analisado.

Tabela 7 - Fators de Demanda Individual de motores monofásicos.

Potência	Demanda individual absorvida da rede - KVA			
Eixo (cv)	1 Motor (I)	2 Motores (II)	3 a 5 Motores (III)	mais de 5 Motores (IV)
1/4	0,62	0,5	0,43	0,37
1/3	0,73	0,58	0,51	0,44
1/2	0,92	0,74	0,64	0,55
3/4	1,24	0,99	0,87	0,74
1,0	1,49	1,19	1,04	0,89
1,5	1,93	1,54	1,35	1,16
2,0	2,44	1,95	1,71	1,46
3,0	3,2	2,56	2,24	1,92
4,0	4,15	3,32	2,91	2,49
5,0	5,22	4,18	3,65	3,13
7,5	7,94	6,35	5,56	4,76
10,0	10,04	8,03	7,03	6,02
12,5	13,01	10,41	9,11	7,81

fonte: (CEMIG, ?)

Tabela 8 - Fators de Demanda Individual de motores trifásicos.

Potência	Demanda individual absorvida da rede - KVA			
Eixo (cv)	1 Motor (I)	2 Motores (II)	3 a 5 Motores (III)	mais de 5 Motores (IV)
1/6	0,37	61	0,26	0,22
1/4	0,48	0,38	0,34	0,29
1/3	0,56	0,45	0,39	0,34
1/2	0,72	0,58	0,5	0,43
3/4	1,08	0,86	0,76	0,65
1,0	1,38	1,1	0,97	0,83
1,5	2,03	1,62	1,42	1,22
2,0	2,4	1,92	1,68	1,44
3,0	3,64	2,91	2,55	2,18
4,0	4,96	3,97	3,47	2,98
5,0	5,62	4,5	3,93	3,37
6,0	6,49	5,19	4,54	3,89
7,5	8,12	6,5	5,68	4,87
10,0	10,76	8,61	7,53	6,46

fonte: (CEMIG, ?)

4.1.5 Cálculo do Fator 'e' – Demanda relativa aos transformadores e máquinas de solda

A demanda de máquinas de solda e transformadores, determinada pela Norma de Distribuição 5.1, é determinada como sendo:

- 100% da potência do maior aparelho;
- 70% da potência do segundo maior aparelho;
- 40% da potência do terceiro maior aparelho;
- 30% da potência dos demais aparelhos.

4.1.6 Cálculo do Fator 'f' – Demanda relativa aos aparelhos de Raio-X

A demanda referente aos possíveis aparelhos de Raio-X da instalação, determinada pela ND 5.1, é determinada pela seguinte metodologia:

- 100% da potência do maior aparelho;
- 10% da potência do segundo maior aparelho.

Ao fim da apresentação da Norma de Distribuição 5.1 da CEMIG, e a contextualização de como é realizado o cálculo de demanda de energia elétrica, pode-se efetuar os cálculos necessários para o IFMG – *Campus* Formiga. Esse é o objetivo do próximo capítulo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Cálculo de Demanda para os Blocos A e B

Caso seja considerada a atuação de todas as cargas dos Blocos 'A' e 'B' do IFMG - *Campus* Formiga ao mesmo tempo, a potência total é igual a 226,9 kVA. Um valor muito distante dos 300 kVA inicialmente contratados. Entretanto, deve-se ter imaginado uma expansão da carga destes blocos. Caso se acrescente 30% em relação aos 226,9 kVA, a demanda ficaria com um valor de 294,7 kVA, próximo dos 300 kVA contratados. Talvez tenha sido este o raciocínio apresentado pela comissão que propôs o valor de demanda inicial de 300 kVA.

Para o cálculo da demanda total, a CEMIG sugere a seguinte expressão:

$$D = a + b + c + d + e + f, \quad \text{Equação 1}$$

a = demanda referente à iluminação e às tomadas de uso geral;

b = demanda relativa aos aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento;

c = demanda relativa aos aparelhos condicionadores de ar;

d = demanda dos motores monofásicos e trifásicos;

e = demanda de máquinas de solda e transformadores;

f = demanda de aparelhos de Raio-X.

5.1.1 Cálculo do fator 'a' – demanda referente à iluminação e tomadas

Os equipamentos pertencentes ao grupo 'a' são apresentados na TABELA 9:

Tabela 9 - Cálculo de demanda para iluminação e tomadas.

Fator 'a' - Demanda Referente à iluminação e tomadas			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
300	Lâmpadas para iluminação de ambientes	40	12000
50	Tomadas de Uso Geral	100	5000
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			17000

Fonte: Do próprio autor (2014).

Define-se que 1 kW = 1 kVA para cargas de aquecimento e tomadas de uso geral. Como o ambiente é escolar, a Norma de Distribuição 5.1 da CEMIG determina um fator de utilização de 100% para os primeiros 12 kVA, e um fator de utilização de 50% para o que exceder 12 kVA. Dessa forma, a demanda de iluminação e tomadas é determinada por:

$$\text{Demanda 'a'} = 12 \text{ kVA} * 100\% + 5 \text{ kVA} * 50\%$$

$$\text{Demanda 'a'} = 14,50 \text{ kVA.}$$

5.1.2 Cálculo do fator 'b' – demanda referente a aparelhos eletrodomésticos

O fator 'b', que representa a demanda de aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento, deve ser aplicado, separadamente à carga instalada dos seguintes grupos de aparelhos:

- b1: chuveiros, torneiras e cafeteiras elétricas;

- b2: aquecedores de água por acumulação e por passagem;
- b3: fornos, fogões e aparelhos tipo "Grill";
- b4: máquinas de lavar e secar roupas, máquinas de lavar louças e ferro elétrico;
- b5: demais aparelhos (TV, conjunto de som, ventilador, geladeira, freezer, torradeira, liquidificador, batedeira, exaustor, ebulidor, etc.).

5.1.2.1 Cálculo do fator 'b1'

O fator 'b1' representa a demanda referente a chuveiros, torneiras e cafeteiras elétricas.

Tabela 10 - Cálculo de demanda para chuveiros, torneiras e cafeteiras.

Fator 'b1' - chuveiros, torneiras e cafeteiras.			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
16	Torneiras Elétricas	30	480
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			480

Fonte: Do próprio autor (2014).

Os equipamentos que se encaixam nesse grupo são as torneiras elétricas presentes nos banheiros do Bloco 'B' do *Campus*. O fator de demanda a ser utilizado, para 16 equipamentos, é de 43%. Sendo assim, a demanda é calculada seguindo a metodologia abaixo:

$$\text{Demanda 'b1'} = 0,48 \text{ kW} * 43\%$$

$$\text{Demanda 'b1'} = 0,22 \text{ kVA.}$$

5.1.2.2 Cálculo do fator 'b2'

O fator 'b2' representa os aquecedores de água por acumulação ou por passagem. Os equipamentos que se encaixam nesse grupo estão representados na TABELA 11:

Tabela 11 - Cálculo de demanda para aquecedores de água.

Fator 'b2' - aquecedores de água			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
6	Agitadores Magnéticos	100	600
10	Ebulidores	400	4000
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			4600

Fonte: Do próprio autor (2014).

O fator de demanda a ser utilizado, para 16 equipamentos, é de 43%. Sendo assim, a demanda é calculada seguindo a metodologia abaixo:

$$\text{Demanda 'b2'} = 4,6 \text{ kW} * 43\%$$

$$\text{Demanda 'b2'} = 1,98 \text{ kW.}$$

Por se tratar de cargas de aquecimento, considera-se, para o grupo 'b2' 1 kVA = 1,00 kW.

5.1.2.3 Cálculo do fator 'b3'

O fator 'b3' representa os fornos e fogões elétricos. Os equipamentos que se encaixam nesse grupo são apresentados na TABELA 12:

Tabela 12 - Cálculo de demanda para fornos elétricos.

Fator 'b3' - fornos			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
2	Fornos elétricos	3000	6000
1	Estufa	500	500
1	Mufla	4000	4000
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			10500

Fonte: Do próprio autor (2014).

O fator de demanda a ser utilizado, para 4 equipamentos, é de 66%. Sendo assim, a demanda é calculada da seguinte maneira:

$$\text{Demanda 'b3'} = 10,5 \text{ kW} * 66\%$$

$$\text{Demanda 'b3'} = 6,93 \text{ kW.}$$

Por tratar-se de cargas de aquecimento, considera-se, para o grupo 'b3' 1 KVA = 1 KW.

$$\text{Demanda 'b3'} = 6,93 \text{ KVA.}$$

5.1.2.4 Cálculo do fator 'b4'

Máquinas de lavar e secar roupas e louças, e ferros elétricos são agrupados no fator 'b4'. Os equipamentos do IFMG - *Campus* Formiga que se encaixam nesse grupo estão representados na TABELA 13:

Tabela 13 - Cálculo de demanda para ferros elétricos.

Fator 'b4' - ferro elétrico			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
2	Ferro de passar a seco	60	120
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			120

Fonte: Do próprio autor (2014).

No *Campus Formiga*, dentre os equipamentos que compõem esse grupo, existem apenas ferros elétricos, que são utilizados nos laboratórios de eletrônica, durante a confecção de placas de circuito impresso.

O fator de demanda a ser utilizado, para 2 equipamentos, é de 75%. Sendo assim, a demanda é calculada da seguinte maneira:

$$\text{Demanda 'b4'} = 0,12 \text{ kW} * 75\%$$

$$\text{Demanda 'b4'} = 0,09 \text{ kW}.$$

Por tratar-se de cargas de aquecimento, considera-se, para ferros elétricos, 1 kVA = 1 kW.

$$\text{Demanda 'b4'} = 0,09 \text{ kVA}.$$

5.1.2.5 Cálculo do fator 'b5'

Os demais equipamentos elétricos, que não se enquadram nos subgrupos acima, compõe o subgrupo 'b5'. Os equipamentos do *Campus Formiga* presentes nesse grupo são listados na TABELA 14:

Tabela 14 - Cálculo de demanda para demais equipamentos.

Fator 'b5' - demais equipamentos elétricos			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
1	Agitador Mecânico	100	100
1	Bomba de vácuo	125	125
1	Deionizador	90	90
6	Phametros	3	18
1	Refrigerador	300	300
1	Lavadora de Pressão	1600	1600
1	Refrigerador	300	300
1	Televisor	250	250
6	Computadores	200	1200
1	Impressora	1000	1000
6	Computadores	200	1200
1	Impressora 3D	240	240
3	Refrigeradores	300	900
1	Televisor	250	250
3	Expositores de alimentos	100	300
2	Microondas	800	1600
2	Exaustores	200	400
2	Liquidificadores	600	1200
2	Refresqueiras	240	480
2	Espremedores de frutas	100	200
3	Freezers	300	900
8	Computadores	200	1600
1	Impressora	1000	1000
6	Computadores	200	1200
6	Computadores	200	1200
2	Impressora	1000	2000
10	Computadores	200	2000
7	Computadores	200	1400

Continua.

Tabela 14 (continuação) - Cálculo de demanda para demais equipamentos.

Fator 'b5' - demais equipamentos elétricos - continuação			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
6	Bancada de medidas elétricas	100	600
1	Compressor de ar portátil	20	20
6	Controlador lógico programável	80	480
1	Esmerilhadeira	450	450
35	Ferro de solda	60	2100
30	Fonte de alimentação CC/CA Michhela	20	600
1	Fresadora CNC	300	300
20	Gerador de Funções	30	600
1	Inversor WEG CFW-11	80	80
6	Kit de eletrônica analógica	100	600
6	Kit de eletrônica digital	100	600
5	Kit de eletrônica de potência	100	500
25	Lâmpadas incandescentes 100 W	100	2500
1	Megômetro Digital	30	30
1	Terrômetro digital	30	30
15	Osciloscópio digital	40	600
1	Parafusadeira	30	30
1	Planta didática para temperatura	200	200
15	Reator eletrônico	32	480
4	Reator de vapor metálico	400	1600
1	Sistema de treinamento em eletro-pneumática	25380	25380
1	Soft-Starter Weg	80	80
18	Transformadores	300	5400
20	Varivolt	200	4000
12	bebedouros	70	840
1	elevador	15000	15000
60	ventiladores	60	3600
12	Computadores Lab circuitos	200	2400
40	Computadores Lab informática 1	200	8000
27	Computadores Lab informática 2	200	5400
40	Computadores Lab informática 3	200	8000
10	Kits multimidia - Datashow	80	800
2	Kits de áudio - Caixa de som, microfone	150	300
10	Roteadores	30	300
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			114953

Fonte: Do próprio autor (2014).

Como o número de equipamentos supera 60, o fator de demanda adotado é de 33%. Dessa forma, a demanda para o fator 'b5' é calculada por:

$$\text{Demanda 'b5'} = 114,953 \text{ kW} * 33\%$$

$$\text{Demanda 'b5'} = 37,7 \text{ kW.}$$

Para cargas que não são de aquecimento, considera-se que 1 kVA = 0,92 kW.

Dessa forma, a demanda final 'b5' é dada por:

$$\text{Demanda 'b5'} = (37,7/0,92) \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'b5'} = 40,90 \text{ kVA.}$$

5.1.2.6 Cálculo final do fator 'b'

A demanda referente ao fator 'b' é dada pela soma de todos os fatores referentes a equipamentos eletrodomésticos acima calculados, e é dada pela seguinte expressão:

$$\text{Demanda 'b'} = b1 + b2 + b3 + b4 + b5$$

As demandas individuais são:

$$\text{Demanda 'b1'} = 0,22 \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'b2'} = 1,98 \text{ kW}$$

$$\text{Demanda 'b3'} = 6,93 \text{ kVA.}$$

Demanda 'b4' = 0,09 kVA.

Demanda 'b5' = 40,90 kVA.

Dessa forma, a demanda para o fator b é:

Demanda 'b' = 50,20 KVA.

5.1.3 Cálculo do fator 'c' – demanda de aparelhos condicionadores de ar

O fator 'c' considera a demanda de condicionadores de ar. A potência dos equipamentos pode ser verificada na TABELA 15:

Tabela 15 - Cálculo de demanda para condicionadores de ar.

Fator 'c' - aparelhos condicionadores de ar			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
2	Condicionadores de ar	2000	4000
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			4000

Fonte: Do próprio autor (2014).

O fator de demanda utilizado para 2 equipamentos é de 92%. Dessa forma, a demanda para o fator 'c' é calculada por:

$$\text{Demanda 'c'} = 4 \text{ kW} * 92\%$$

$$\text{Demanda 'c'} = 3,7 \text{ kW.}$$

Por não se tratarem de cargas de aquecimento, considera-se que 1 kVA = 0,92 kW. Dessa forma, a demanda final 'c' é dada por:

$$\text{Demanda 'c'} = (3,7/0,92) \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'c'} = 4,00 \text{ kVA.}$$

5.1.4 Cálculo do fator 'd' – demanda de motores elétricos

O fator 'd' leva em consideração a demanda de motores elétricos. As potências dos equipamentos que enquadram-se neste grupo podem ser verificadas na TABELA 16:

Tabela 16 - Cálculo de demanda para motores elétricos.

Fator 'd' - motores elétricos		
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (cv)
3	Motor de Indução monofásico	1/4
20	Motor de Indução trifásico	3
3	Motor trifásico	1/4
1	Motor trifásico	3/4

Fonte: Do próprio autor (2014).

Total de motores: 27 unidades.

Para os motores de indução monofásicos: para um número de motores é igual a três, e a potência unitária igual a ¼ cv, a demanda individual absorvida da rede, segundo a ND 5.1, é igual a 0,43 kVA.

Sendo assim, a demanda total dos motores de indução monofásicos é dada por:

$$\text{Demanda } 1\phi = 3 * 0,43 \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda } 1\phi = 1,30 \text{ kVA.}$$

Para 20 motores de indução trifásicos, com potência unitária igual a 3 cv, a demanda individual absorvida da rede é igual a 2,18 kVA.

A demanda total dos motores de indução trifásicos é então dada por:

$$\text{Demanda } 3\phi = 20 * 2,18 \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda } 3\phi = 43,6 \text{ kVA.}$$

Para os 3 motores trifásicos, com potência unitária igual a $\frac{1}{4}$ cv, a demanda individual absorvida da rede é igual a 0.34 kVA.

A demanda total desses motores trifásicos é dada por:

$$\text{Demanda } 3\phi = 3 * 0,34 \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda } 3\phi = 1,0 \text{ kVA.}$$

A demanda de um motor trifásico, com potência de $\frac{3}{4}$ cv, é definida pela ND 5.1 como sendo 1,08 kVA.

$$\text{Demanda } 3\phi = 1,08 \text{ kVA.}$$

A demanda total dos motores é dada pela soma aritmética das demandas de cada um dos grupos de motores calculados acima. Assim, a demanda total dos motores elétricos é:

Demanda total dos motores: 47 kVA.

Demanda 'd': 47,00 kVA.

5.1.5 Cálculo do fator 'e' – demanda de transformadores

Tabela 17 - Cálculo de demanda para transformadores elétricos.

Fator 'e' - transformadores			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
12	Transformadores	600	7200
20	Autotransformador	200	4000
6	Autotransformador Partida De Lorenzo	200	1200
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			12400

Fonte: Do próprio autor (2014).

A metodologia proposta pela Norma de Distribuição 5.1 da CEMIG prevê que 100% da potência do maior aparelho seja utilizada, assim como 70% da potência do segundo maior aparelho, 40% da potência do terceiro maior aparelho e 30% da

potência para os demais aparelhos. Seguindo tal normativa, a demanda de transformadores para a edificação é dada por:

$$\text{Demanda 'e'} = 100\% * 0,6 + 70\% * 0,6 + 40\% * 0,6 + 30\% * (11 * 0,6 + 20 * 0,2 + 6 * 0,2)$$

$$\text{Demanda 'e'} = 0,6 + 0,42 + 0,24 + 3,54 \text{ kVA}$$

$$\text{Demanda 'e'} = 4,60 \text{ kVA.}$$

5.1.6 Cálculo da demanda total para os Blocos 'A' e 'B'

A demanda total da edificação, levando em consideração os Blocos 'A' e 'B' é dada pela soma de todas as demandas individuais calculadas anteriormente:

As demandas individuais são:

$$\text{Demanda 'a'} = 14,5 \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'b'} = 50,2 \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'c'} = 4 \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'd'}: 47 \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'e'} = 4,6 \text{ kVA.}$$

A demanda total, levando em consideração os Blocos A e B é:

$$\text{Demanda total} = 14,5 + 50,2 + 4,0 + 47,0 + 4,6 \quad [\text{kVA}]$$

$$\text{Demanda total} = 120,3 \text{ kVA}$$

O *Campus* Formiga do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG – Formiga) conta atualmente com dois Blocos ('A' e 'B'), que contêm salas de aula, laboratórios e setores administrativos. Um novo Bloco (Bloco 'C') encontra-se em construção, com o intuito de ampliar o espaço físico, e melhorar a infraestrutura da instituição. Os cálculos realizados neste capítulo levaram em consideração apenas os Blocos que estão em funcionamento. Para o cálculo de demanda de energia elétrica do Bloco 'C', realizado na seção subsequente, serão estimadas as cargas referentes às salas de aula e aos ambientes de convivência.

5.2 Cálculo da Demanda para o Bloco 'C'

O Bloco 'C' compreende a construção de uma nova edificação em três pavimentos, caixa d'água subterrânea e entornos, com área total de aproximadamente 2770 m², com instalações predominantes de salas de aula e áreas de apoio ao pleno funcionamento do prédio como instalações e serviços. Inclui também, passarela de ligação, entre o prédio a ser construído e a edificação vizinha (IFMG, 2013).

A obra, além da construção do Bloco 'C', abrange o tratamento urbanístico do seu entorno imediato, prevendo terraplanagem do terreno com a criação de muros de contenção e taludes, pavimentação, bancos e mesas, tratamento paisagístico, drenagem externa e iluminação externa (IFMG, 2013). A descrição de ambientes para o Bloco 'C' é apresentada na TABELA 18:

Tabela 18 - Descrição de Ambientes para o Bloco 'C'.

Bloco 'C' - Descrição de Ambientes	
Quantidade	Descrição
21	Salas de aula
6	banheiros
3	Salas Técnicas
3	área de circulação interna
1	área de circulação externa

Fonte: Do próprio autor (2014).

Para a determinação da demanda de energia elétrica do Bloco 'C', é necessária a realização de um levantamento das futuras cargas que comporão o ambiente. A TABELA 19 abaixo fornece uma estimativa dos principais equipamentos do Bloco 'C':

Tabela 19 - Previsão de Cargas para o Bloco 'C'.

Fator 'a' - Demanda Referente à iluminação e tomadas			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
300	Lâmpadas para iluminação de ambientes	40	12000
50	Tomadas de Uso Geral	100	5000
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			17000
Fator 'b' – equipamentos elétricos			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
1	Elevador	15000	15000
12	Bebedouros	70	840
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			15840
Fator 'c' - aparelhos condicionadores de ar			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
30	Condicionadores de ar	2000	60000
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			60000

Fonte: Do próprio autor (2014).

5.2.1 Cálculo do fator 'a' – demanda referente à iluminação e tomadas

Define-se que 1 kW = 1 kVA para cargas de aquecimento e tomadas de uso geral. A Norma de Distribuição 5.1 determina um fator de utilização de 100% para os

primeiros 12 kVA, e um fator de utilização de 50% para o que exceder 12 kVA. Dessa forma, a demanda de iluminação e tomadas é determinada por:

$$\text{Demanda 'a'} = 12 \text{ kVA} * 100\% + 5 \text{ kVA} * 50\%$$

$$\text{Demanda 'a'} = 14,50 \text{ kVA.}$$

5.2.2 Cálculo do fator 'b' – equipamentos elétricos

O fator 'b' representa a demanda de aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento, podendo ser dividido nos seguintes subgrupos:

- b1: chuveiros, torneiras e cafeteiras elétricas;
- b2: aquecedores de água por acumulação e por passagem;
- b3: fornos, fogões e aparelhos tipo "Grill";
- b4: máquinas de lavar e secar roupas, máquinas de lavar louças e ferro elétrico;
- b5: demais aparelhos (TV, conjunto de som, ventilador, geladeira, freezer, torradeira, liquidificador, batedeira, exaustor, ebulidor, etc.).

Na previsão de cargas para o Bloco 'C', constam como equipamentos elétricos apenas elevadores e bebedouros de água. Esses aparelhos podem ser incorporados no subgrupo 'b5'. O cálculo de demanda de energia elétrica pode ser efetuado pelo seguinte método:

Para um número de equipamentos igual a 13, o fator de demanda a ser adotado é de 43%. Dessa forma, a demanda para o fator 'b5' é calculada por:

$$\text{Demanda 'b5'} = 15,84 \text{ kW} * 43\%$$

$$\text{Demanda 'b5'} = 6,80 \text{ kW.}$$

Para cargas que não são de aquecimento, considera-se que 1 KVA = 0,92 KW. Dessa forma, a demanda final 'b5' é dada por:

$$\text{Demanda 'b5'} = (6,8/0,92) \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'b5'} = 7,40 \text{ kVA.}$$

5.2.3 Cálculo do fator 'c' – demanda de condicionadores de ar

O fator 'c' considera a demanda de aparelhos condicionadores de ar. O projeto do Bloco 'C' prevê que todos os ambientes sejam climatizados. Dessa forma, o número aproximado de condicionadores de ar deve ser igual a 30.

O fator de demanda utilizado para 30 equipamentos é de 37%. Dessa forma, a demanda para o fator 'c' é calculada por:

$$\text{Demanda 'c'} = 60,0 \text{ kW} * 37\%$$

$$\text{Demanda 'c'} = 22,20 \text{ kW.}$$

Por não se tratarem de cargas de aquecimento, considera-se que 1 kVA = 0,92 kW. Dessa forma, a demanda final 'c' é dada por:

$$\text{Demanda 'c'} = (22,2/0,92) \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'c'} = 24,10 \text{ kVA.}$$

5.2.4 Cálculo da Demanda Total prevista para o Bloco 'C'

A demanda total prevista para o Bloco 'C' é dada pela soma das demandas individuais calculadas anteriormente:

As demandas individuais são:

Demanda 'a' = 14,50 kVA.

Demanda 'b' = 7,40 kVA.

Demanda 'c' = 24,10 kVA.

A demanda total prevista para o Bloco 'C' é:

$$\textit{Demanda total Bloco 'C'} = 14,50 + 7,40 + 24,10 \quad [kVA]$$

$$\textit{Demanda total Bloco 'C'} = 46,00 \textit{ kVA}$$

5.3 Cálculo da Demanda Total para o Campus Formiga – Caso 1:

A demanda total prevista para todo o *Campus* Formiga do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais de acordo com a metodologia empregada por este capítulo é dada pela soma das demandas dos Blocos 'A' e 'B', que já se encontram em plena operação, e da demanda prevista para o Bloco 'C', ainda em fase de construção.

$$\textit{Demanda total} = \textit{Demanda 'A'} + \textit{Demanda 'B'} + \textit{Demanda 'C'}$$

As demandas individuais são:

Demanda dos Blocos 'A' e 'B' = 120,30 kVA.

Demanda prevista para o Bloco 'C' = 46,00 kVA.

A demanda total prevista para o IFMG – *Campus* Formiga é:

$$Demanda\ total = 120,30 + 46,00 \quad [kVA]$$

$$Demanda\ total = 166,30\ kVA$$

O valor de demanda encontrado para os Blocos A e B foi de 120,3 kVA. Tal resultado está abaixo dos 300 kVA contratados inicialmente junto à CEMIG. Pode-se então supor que o contrato firmado não foi embasado na Norma de Distribuição 5.1. Um estudo das cargas deveria ter sido realizado, consultando as metodologias disponíveis.

Entretanto, sabe-se que este valor calculado de 120,30 kVA para os Blocos 'A' e 'B' ainda apresenta um valor muito acima daquilo que realmente é consumido. Sendo assim, o autor deste documento irá propor um novo valor de demanda, levando-se em consideração o fato de que as cargas apresentam um comportamento que varia ao longo do dia. Espera-se que esta consideração a mais possa fazer com que o valor de demanda seja ainda mais próximo do valor realmente consumido e será a preocupação do capítulo seguinte.

6 CÁLCULO DE DEMANDA CONSIDERANDO O HORÁRIO DE OPERAÇÃO DAS CARGAS

O cálculo de demanda efetuado no capítulo anterior obteve resultados que não satisfazem com o que realmente tem sido consumido atualmente pelo IFMG – *Campus* Formiga. Sabe-se também, que determinadas cargas atuam em horários específicos. Sendo assim, o autor deste documento propõe, neste capítulo, outro valor de demanda, ao analisar o comportamento das cargas ao longo do dia no IFMG.

Durante o período diurno, ocorre um alívio na demanda por energia elétrica para a iluminação, uma vez que se pode utilizar a luz natural nas salas de aula, e nas áreas de circulação. Apenas poucos locais necessitam de iluminação artificial durante o dia. O autor deste documento definiu uma carga aproximada de cerca de 30% de todas as lâmpadas operando neste período.

Outro ponto que não havia sido levado em consideração anteriormente é que alguns equipamentos elétricos listados no cálculo de demanda são, na verdade, dispositivos de retaguarda, funcionando como uma reserva para possíveis substituições necessárias.

No período noturno, o alívio na demanda de energia ocorre pela ausência de aulas nos laboratórios de circuitos elétricos, máquinas elétricas, físico-química e automação. Além disso, apenas um laboratório de informática possui aulas durante este período.

Este capítulo destina-se a calcular novamente a demanda de energia para os Blocos 'A' e 'B', observando-se as variações de cargas citadas acima. Serão

calculadas as demandas levando em consideração as cargas nos períodos diurno e noturno. Espera-se que ocorra uma redução do valor de demanda máxima, em comparação com o valor calculado anteriormente. O cálculo do Bloco 'C' não será modificado, devido à ausência de informações a respeito de como as cargas nesse ambiente se comportarão ao longo do dia no futuro.

6.1 Cálculo da Demanda para os Blocos 'A' e 'B' considerando o período diurno

A metodologia utilizada para o cálculo de demanda foi apresentada nos capítulos anteriores e será repetida, modificando-se apenas os valores das cargas para cada um dos fatores.

6.1.1 Cálculo do fator 'a' – demanda referente à iluminação e tomadas

Tabela 20 - Cálculo de demanda para iluminação e tomadas.

Fator 'a' - Demanda Referente à iluminação e tomadas			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
100	Lâmpadas para iluminação de ambientes	40	4000
25	Tomadas de Uso Geral	100	2500
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			6500

Fonte: Do próprio autor (2014).

Define-se que $1 \text{ kW} = 1 \text{ kVA}$ para cargas de aquecimento e tomadas de uso geral. A Norma de Distribuição 5.1 da CEMIG recomenda um fator de utilização de 100% para os primeiros 12 kVA, e um fator de utilização de 50% para o que exceder 12 kVA. Dessa forma, a demanda de iluminação e tomadas é determinada por:

$$\text{Demanda 'a'} = 6,5 \text{ kVA} * 100\%$$

$$\text{Demanda 'a'} = 6,50 \text{ kVA.}$$

6.1.2 Cálculo do fator 'b' – demanda referente a aparelhos eletrodomésticos

O fator 'b', que representa a demanda de aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento, deve ser aplicado, separadamente à carga instalada de cada um dos grupos de equipamentos, conforme realizado no capítulo anterior.

6.1.2.1 Cálculo do fator 'b1'

Tabela 21 - Cálculo de demanda para chuveiros, torneiras e cafeteiras.

Fator 'b1' - chuveiros, torneiras e cafeteiras.			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
16	Torneiras Elétricas	30	480
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			480

Fonte: Do próprio autor (2014).

O fator 'b1' representa a demanda referente a chuveiros, torneiras e cafeteiras elétricas. Os equipamentos que se encaixam nesse grupo são as torneiras elétricas presentes nos banheiros do Bloco 'B' do *Campus*. O fator de demanda a ser utilizado, para 16 equipamentos, é de 43%.

$$\text{Demanda 'b1'} = 0,48 \text{ kW} * 43\%$$

$$\text{Demanda 'b1'} = 0,20 \text{ kW.}$$

Para cargas que não são de aquecimento, considera-se que 1 kVA = 0,92 kW.

Dessa forma, a demanda final 'b1' é dada por:

$$\text{Demanda 'b1'} = (0,20/0,92) \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'b1'} = 0,22 \text{ kVA.}$$

6.1.2.2 Cálculo do fator 'b2'

O fator 'b2' representa os aquecedores de água por acumulação ou por passagem. Simultaneamente, operam no máximo seis equipamentos, devido à limitação de espaço no laboratório de físico-química. A potência total dos equipamentos é apresentada na TABELA 22:

Tabela 22 - Cálculo de demanda para aquecedores de água.

Fator 'b2' - aquecedores de água			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
6	Agitadores Magnéticos	100	600
6	Ebulidores	400	2400
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			3000

Fonte: Do próprio autor (2014).

O fator de demanda a ser utilizado, para 12 equipamentos, é de 48%. Sendo assim, a demanda é calculada seguindo a metodologia abaixo:

$$\text{Demanda 'b2'} = 3 \text{ kW} * 48\%$$

$$\text{Demanda 'b2'} = 1,40 \text{ kW.}$$

Por tratar-se de cargas de aquecimento, considera-se, para o grupo 'b2' 1 kVA = 1 kW.

6.1.2.3 Cálculo do fator 'b3'

O fator 'b3' corresponde aos fornos e fogões elétricos. Os equipamentos que se encaixam nesse grupo estão representados na TABELA 23:

Tabela 23 - Cálculo de demanda para fornos elétricos.

Fator 'b3' - fornos			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
2	Fornos elétricos	3000	6000
1	Estufa	500	500
1	Mufla	4000	4000
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			10500

Fonte: Do próprio autor (2014).

O fator de demanda a ser utilizado, para 4 equipamentos, é de 66%. Sendo assim, a demanda é calculada da seguinte maneira:

$$\text{Demanda 'b3'} = 10,5 \text{ kW} * 66\%$$

$$\text{Demanda 'b3'} = 7,00 \text{ kW.}$$

Por tratarem-se de cargas de aquecimento, considera-se, para o grupo 'b3' 1 kVA = 1 kW.

$$\text{Demanda 'b3'} = 7,00 \text{ kVA.}$$

6.1.2.4 Cálculo do fator 'b4'

Máquinas de lavar e secar roupas e louças, e ferros elétricos são agrupados no fator 'b4'. Os equipamentos que se encaixam nesse grupo estão representados na TABELA 24:

Tabela 24 - Cálculo de demanda para ferros elétricos.

Fator 'b4' - ferro elétrico			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
2	Ferro de passar a seco	60	120
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			120

Fonte: Do próprio autor (2014).

O fator de demanda a ser utilizado, para dois equipamentos, é de 75%. Sendo assim, a demanda é calculada da seguinte maneira:

$$\text{Demanda 'b4'} = 0,12 \text{ kW} * 75\%$$

$$\text{Demanda 'b4'} = 0,10 \text{ kW}.$$

Por se tratar de cargas de aquecimento, considera-se, para ferros elétricos,

$$1 \text{ kVA} = 1 \text{ kW}.$$

$$\text{Demanda 'b4'} = 0,10 \text{ kVA}.$$

6.1.2.5 Cálculo do fator 'b5'

A demanda dos demais equipamentos elétricos, que não tiveram suas demandas calculadas pelos fatores acima, são agrupados pelo fator 'b5'. Os equipamentos do *Campus Formiga* presentes nesse grupo são listados na TABELA 25:

Tabela 25 - Cálculo de demanda para demais equipamentos.

Fator 'b5' - demais eletrodomésticos			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
1	Agitador Mecânico	100	100
1	Bomba de vácuo	125	125
1	Deionizador	90	90
6	Phametros	3	18
1	Refrigerador	300	300
1	Lavadora de Pressão	1600	1600
1	Refrigerador	300	300
1	Televisor	250	250
6	Computadores	200	1200
1	Impressora	1000	1000
6	Computadores	200	1200
1	Impressora 3D	240	240
3	Refrigeradores	300	900
1	Televisor	250	250
3	Expositores de alimentos	100	300
2	Microondas	800	1600
2	Exaustores	200	400
2	Liquidificadores	600	1200
2	Refresqueiras	240	480
2	Espremedores de frutas	100	200
3	Freezers	300	900
8	Computadores	200	1600
1	Impressora	1000	1000
6	Computadores	200	1200
6	Computadores	200	1200
2	Impressora	1000	2000
10	Computadores	200	2000
7	Computadores	200	1400
2	Impressora	1000	2000
20	Computadores	200	4000
2	Nobreak TI	5000	10000
2	Nobreak TI	3000	6000
6	Kit acionamentos	180	1080
4	Bancada básica Sam	100	400
5	Bancada de controle hidráulico	100	500
5	Bancada de treinamento eletropneumático	100	500
2	Bancada de acionamento hidráulico	100	200
3	Bancada de acionamento pneumático	100	300
2	Bancada de instalações elétricas de lorenzo	100	200

Continua.

Tabela 25 (continuação) - Cálculo de demanda para demais equipamentos.

Fator 'b5' - demais eletrodomésticos			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
6	Bancada de medidas elétricas	100	600
1	Compressor de ar portátil	20	20
6	Controlador lógico programável	80	480
1	Esmerilhadeira	450	450
6	Ferro de solda	60	360
6	Fonte de alimentação CC/CA Michela	20	120
1	Fresadora CNC	300	300
6	Gerador de Funções	30	180
1	Inversor WEG CFW-11	80	80
6	Kit de eletrônica analógica	100	600
6	Kit de eletrônica digital	100	600
5	Kit de eletrônica de potência	100	500
6	Lâmpadas incandescentes 100 W	100	600
1	Megômetro Digital	30	30
1	Terrômetro digital	30	30
6	Osciloscópio digital	40	240
1	Parafusadeira	30	30
1	Planta didática para temperatura	200	200
6	Reator eletrônico	32	192
4	Reator de vapor metálico	400	1600
1	Sistema de treinamento em eletro-pneumática	200	200
1	Soft-Starter Weg	80	80
6	Varivolt	200	1200
6	bebedouros	70	420
6	bebedouros	70	420
60	ventiladores	60	3600
40	Computadores Lab informática 1	200	8000
27	Computadores Lab informática 2	200	5400
40	Computadores Lab informática 3	200	8000
10	Kits multimídia - Datashow	80	800
2	Kits de áudio - Caixa de som, microfone	150	300
10	Roteadores	30	300
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			84165

Fonte: Do próprio autor (2014).

Para um número de equipamentos superior a 60, o fator de demanda adotado é de 33%. Dessa forma, a demanda para o fator 'b5' é calculada por:

$$\text{Demanda 'b5'} = 84,165 \text{ kW} * 33\%$$

$$\text{Demanda 'b5'} = 27,70 \text{ kW.}$$

Para cargas que não são de aquecimento, considera-se que 1 kVA = 0,92 kW.

Dessa forma, a demanda final 'b5' é dada por:

$$\text{Demanda 'b5'} = (27,70/0,92) \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'b5'} = 30,00 \text{ kVA.}$$

6.1.2.6 Cálculo total do fator 'b'

A demanda referente ao fator 'b' é dada pela soma de todos os fatores referentes a eletrodomésticos, e é dada pela seguinte expressão:

$$\text{Demanda 'b'} = b1 + b2 + b3 + b4 + b5$$

As demandas individuais são:

$$\text{Demanda 'b1'} = 0,22 \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'b2'} = 1,40 \text{ kW}$$

$$\text{Demanda 'b3'} = 7,00 \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'b4'} = 0,10 \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'b5'} = 30,00 \text{ kVA.}$$

Dessa forma, a demanda para o fator 'b' é:

$$\text{Demanda 'b'} = 38,70 \text{ kVA.}$$

6.1.3 Cálculo do fator 'c' – demanda de condicionadores de ar

O fator 'c' considera a demanda de condicionadores de ar. A potência dos equipamentos encontra-se na TABELA 26:

Tabela 26 - Cálculo de demanda para condicionadores de ar.

Fator 'c' - aparelhos condicionadores de ar			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
2	Condicionadores de ar	2000	4000
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			4000

Fonte: Do próprio autor (2014).

O fator de demanda utilizado para 2 equipamentos é de 92%. Dessa forma, a demanda para o fator 'c' é calculada por:

$$\text{Demanda 'c'} = 4 \text{ kW} * 92\%$$

$$\text{Demanda 'c'} = 3,70 \text{ kW.}$$

Por não se tratarem de cargas de aquecimento, considera-se que 1 kVA = 0,92 kW. Dessa forma, a demanda final 'c' é dada por:

$$\text{Demanda 'c'} = (3,7/0,92) \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'c'} = 4,00 \text{ kVA.}$$

6.1.4 Cálculo do fator 'd' – demanda de motores elétricos

Tabela 27 - Cálculo de demanda para motores elétricos.

Fator 'd' - motores elétricos		
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (cv)
3	Motor de Indução monofásico	1/4
1	Motor de Indução trifásico	3
1	Motor trifásico	1/4
1	Motor trifásico	3/4

Fonte: Do próprio autor (2014).

Total de motores utilizados simultaneamente: 6 unidades.

Para os motores de indução monofásicos: para um número de motores é igual a 3, e a potência unitária igual a $\frac{1}{4}$ cv, a demanda individual absorvida da rede, determinada pela ND 5.1, é igual a 0,43 kVA.

Sendo assim, a demanda total dos motores de indução monofásicos é dada por

$$\text{Demanda } 1\phi = 3 * 0,43 \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda } 1\phi = 1,30 \text{ kVA.}$$

Os motores de indução trifásicos são sempre acionados individualmente no laboratório de máquinas elétricas. Sendo assim, a demanda individual absorvida da rede, determinada pela ND 5.1, é igual a 3,64 kVA.

A demanda total do motor de indução trifásico é dada por:

$$\text{Demanda } 3\phi = 3,64 \text{ kVA.}$$

Para o motor trifásico, com potência unitária igual a $\frac{1}{4}$ cv, a demanda individual absorvida da rede é igual a 0.48 kVA.

A demanda para esse motor trifásico é dada por:

$$\text{Demanda } 3\phi = 0,48 \text{ kVA.}$$

A demanda de um motor trifásico, com potência de $\frac{3}{4}$ cv, é definida pela ND 5.1 como sendo 1,08 kVA.

$$\text{Demanda } 3\phi = 1,08 \text{ kVA.}$$

A demanda total dos motores é dada pela soma aritmética das demandas de cada um dos grupos de motores calculados acima. Assim, a demanda total dos motores elétricos é:

$$\text{Demanda total dos motores: } 6,50 \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'd': } 6,50 \text{ kVA.}$$

6.1.5 Cálculo do fator 'e' – demanda de transformadores

Tabela 28 - Cálculo de demanda para transformadores elétricos.

Fator 'e' - transformadores			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
4	Transformadores	600	2400
4	Autotransformador	200	800
4	Autotransformador Partida De Lorenzo	200	800
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			4000

Fonte: Do próprio autor (2014).

A metodologia proposta pela Norma de Distribuição 5.1 da CEMIG prevê um fator de 100% para potência do maior aparelho, 70% para a potência do segundo maior aparelho, 40% para a potência do terceiro maior aparelho e 30% para a potência para os demais aparelhos. Dessa forma, a demanda de transformadores para a edificação é dada por:

$$\text{Demanda 'e'} = 100\% * 0,6 + 70\% * 0,6 + 40\% * 0,6 + 30\% * (1 * 0,6 + 4 * 0,2 + 4 * 0,2)$$

$$\text{Demanda 'e'} = 0,6 + 0,42 + 0,24 + 0,6 \text{ KVA} = 1,86 \text{ kVA.}$$

6.1.6 Cálculo da demanda total para os Blocos 'A' e 'B' para cargas diurnas

A demanda total para os Blocos 'A' e 'B', levando em consideração as cargas que operam durante o período do dia é dada pela soma de todas as demandas individuais calculadas anteriormente:

As demandas individuais são:

Demanda 'a' = 6,50 kVA.

Demanda 'b' = 38,70 kVA.

Demanda 'c' = 4,00 kVA.

Demanda 'd': 6,50 kVA.

Demanda 'e' = 1,86 kVA.

A demanda total, levando em consideração os Blocos 'A' e 'B' durante o período diurno é:

$$Demanda\ total - Diurno = 6,5 + 38,7 + 4,0 + 6,5 + 1,86 \quad [kVA]$$

$$Demanda\ total - Diurno = 57,56\ kVA$$

Como era de se esperar, ao dividir as cargas de acordo com o período do dia de sua utilização, é possível reduzir o pico de demanda por energia elétrica. O cálculo de demanda, levando em consideração o período noturno, será efetuado no próximo item.

6.2 Cálculo de Demanda para os Blocos 'A' e 'B' considerando o período noturno

Seguem-se abaixo os cálculos efetuados para a determinação de demanda por energia elétrica dos Blocos 'A' e 'B', levando em consideração apenas as cargas que são acionadas no período noturno:

6.2.1 Cálculo do fator 'a' – demanda referente à iluminação e tomadas

Tabela 29 - Cálculo de demanda para iluminação e tomadas.

Fator 'a' - Demanda Referente à iluminação e tomadas			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
300	Lâmpadas para iluminação de ambientes	40	12000
20	Tomadas de Uso Geral	100	2000
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			14000

Fonte: Do próprio autor (2014).

Define-se que 1 kW = 1 kVA para cargas de aquecimento e tomadas de uso geral. A demanda de iluminação e tomadas é determinada como sendo:

$$\text{Demanda 'a'} = 12 \text{ kVA} * 100\% + 2 \text{ kVA} * 50\%$$

$$\text{Demanda 'a'} = 13,00 \text{ kVA.}$$

6.2.2 Cálculo do fator 'b' – demanda referente a aparelhos eletrodomésticos

O fator 'b', que representa a demanda de aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento, deve ser aplicado, separadamente à carga instalada de cada um dos grupos de equipamentos, conforme realizado no capítulo anterior.

6.2.2.1 Cálculo do fator 'b1'

Tabela 30 - Cálculo de demanda para chuveiros, torneiras e cafeteiras.

Fator 'b1' - chuveiros, torneiras e cafeteiras.			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
16	Torneiras Elétricas	30	480
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			480

Fonte: Do próprio autor (2014).

O fator 'b1' representa a demanda referente a torneiras elétricas. O fator de demanda a ser utilizado, para 16 equipamentos, é de 43%. Sendo assim, a demanda é calculada seguindo a metodologia abaixo:

$$\text{Demanda 'b1'} = 0,48 \text{ kW} * 43\%$$

$$\text{Demanda 'b1'} = 0,20 \text{ kW.}$$

Para cargas que não são de aquecimento, considera-se que 1 KVA = 0,92 KW. Dessa forma, a demanda final 'b1' é dada por:

$$\text{Demanda 'b1'} = (0,20/0,92) \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'b1'} = 0,22 \text{ kVA.}$$

6.2.2.2 Cálculo do fator 'b3'

O fator 'b3' representa os fornos e fogões elétricos. Apenas os equipamentos pertencentes à cantina funcionam no período noturno. As potências dos fornos elétricos são apresentadas na TABELA 31:

Tabela 31 - Cálculo de demanda para fornos elétricos.

Fator 'b3' - fornos			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
2	Fornos elétricos	3000	6000
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			6000

Fonte: Do próprio autor (2014).

O fator de demanda a ser utilizado, para dois equipamentos, é de 75%. Sendo assim, a demanda para o fator 'b3' é calculada da seguinte maneira:

$$\text{Demanda 'b3'} = 6 \text{ kW} * 75\%$$

$$\text{Demanda 'b3'} = 4,50 \text{ kW.}$$

Por tratar-se de cargas de aquecimento, adota-se, para o grupo 'b3', que 1 kVA = 1 kW.

$$\text{Demanda 'b3'} = 4,50 \text{ kVA.}$$

6.2.2.3 Cálculo do fator 'b5'

Os demais equipamentos elétricos são agrupados como 'b5'. Os equipamentos do *Campus Formiga* presentes nesse grupo são listados na TABELA 32:

Tabela 32 - Cálculo de demanda para equipamentos elétricos.

Fator 'b5' - demais eletrodomésticos			
Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
1	Refrigerador	300	300
1	Refrigerador	300	300
1	Televisor	250	250
6	Computadores	200	1200
1	Impressora	1000	1000
6	Computadores	200	1200
3	Refrigeradores	300	900
1	Televisor	250	250
3	Expositores de alimentos	100	300
2	Microondas	800	1600
2	Exaustores	200	400
2	Liquidificadores	600	1200
2	Refresqueiras	240	480
2	Espremedores de frutas	100	200
3	Freezers	300	900
8	Computadores	200	1600
1	Impressora	1000	1000
6	Computadores	200	1200
6	Computadores	200	1200
2	Impressora	1000	2000
10	Computadores	200	2000
7	Computadores	200	1400
2	Impressora	1000	2000
2	Nobreak TI	5000	10000
2	Nobreak TI	3000	6000
12	bebedouros	70	840
60	ventiladores	60	3600
12	Computadores Lab circuitos	200	2400
40	Computadores Lab informática 1	200	8000
10	Kits multimidia - Datashow	80	800
2	Kits de áudio - Caixa de som, microfone	150	300
10	Roteadores	30	300
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W)			55120

Fonte: Do próprio autor (2014).

Para um número de equipamentos superior a 60, o fator de demanda adotado é de 33%. Dessa forma, a demanda para o fator 'b5' é calculada por:

$$\text{Demanda 'b5'} = 55,12 \text{ kW} * 33\%$$

Demanda 'b5' = 18,19 kW.

Para cargas que não são de aquecimento, considera-se que 1 kVA = 0,92 kW.

A demanda final 'b5' é dada por:

Demanda 'b5' = (18,19/0,92) kVA.

Demanda 'b5' = 19,80 kVA.

6.2.2.4 Cálculo total do fator 'b'

A demanda referente ao fator 'b' é dada pela soma de todos os fatores referentes a equipamentos eletrodomésticos, e é dada pela seguinte expressão:

As demandas individuais são:

Demanda 'b1' = 0,22 kVA.

Demanda 'b3' = 4,50 kVA.

Demanda 'b5' = 19,80 kVA.

Demanda 'b4' e demanda 'b2' = 0.

A demanda para o fator b é:

Demanda 'b' = 24,50 kVA.

6.2.3 Cálculo do fator 'c' – demanda de condicionadores de ar

Os aparelhos condicionadores de ar operam ininterruptamente. Dessa forma, a demanda de energia desses equipamentos é sempre constante, independente do período do dia. A demanda do fator 'c', calculada anteriormente, é:

$$\text{Demanda 'c'} = 4,00 \text{ kVA.}$$

6.2.4 Cálculo da demanda total para os Blocos 'A' e 'B' para cargas noturnas

A demanda total dos Blocos 'A' e 'B', levando em consideração apenas as cargas que operam durante o período noturno, é dada pela soma de todas as demandas individuais calculadas anteriormente. Durante o período noturno, como os laboratórios de circuitos elétricos, máquinas elétricas e automação não possuem aulas, podem ser desconsideradas as demandas referentes aos grupos 'd' e 'e':

As demandas individuais são:

$$\text{Demanda 'a'} = 13,00 \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'b'} = 24,50 \text{ kVA.}$$

$$\text{Demanda 'c'} = 4,00 \text{ kVA.}$$

A demanda total para os Blocos 'A' e 'B', levando em consideração apenas a operação durante o período noturno é:

$$\text{Demanda total} = 13,00 + 24,50 + 4,00 \quad [\text{kVA}]$$

$$\text{Demanda total} = 41,50 \text{ kVA}$$

6.3 Relação entre as Demandas Total, Diurna e Noturna

Levando em consideração os horários nos quais as cargas são acionadas e distribuindo as aulas de maneira adequada, é possível prever uma redução no valor de demanda máxima em cerca de 50%. O gráfico abaixo apresenta uma comparação entre as demandas para os Blocos 'A' e 'B', considerando as três análises realizadas: demanda total (cálculo do capítulo 5); demanda para o período diurno e demanda para o período noturno:

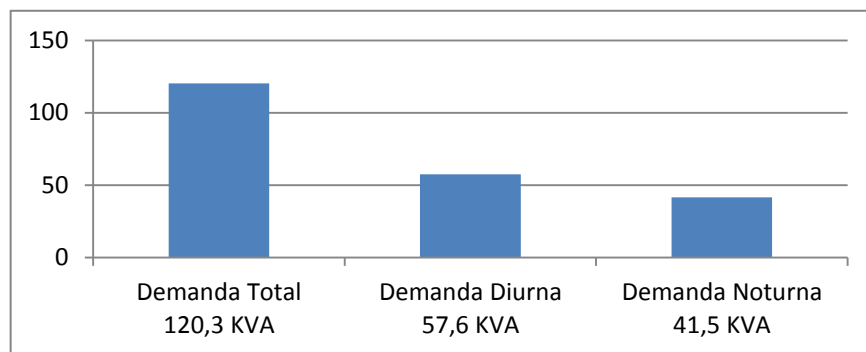


Figura 5 - Distribuição de Demandas ao longo do dia.

(Fonte: Do próprio autor (2014).)

Além disso, estima-se que o atual contrato de 150 kVA possa atender todos os blocos do IFMG – Campus Formiga, incluindo o Bloco 'C' que está sendo construído.

7 CONCLUSÃO

O contrato de demanda de energia elétrica entre a CEMIG e o IFMG *Campus* Formiga deveria ter sido assinado após consulta nas referências disponíveis no mercado, como por exemplo, a Norma de Distribuição 5.1 da CEMIG. Como tal estudo não foi realizado, contratou-se um valor absurdamente maior que o devido.

Com a divisão das cargas em períodos noturno e diurno, foi possível encontrar um valor de demanda compatível com a realidade da instituição.

Após o levantamento de demanda de energia elétrica para o IFMG *Campus* Formiga é possível sugerir que o contrato em vigência é suficiente para suprir o funcionamento, não só dos Blocos 'A' e 'B', mas também do Bloco 'C', em processo de construção. Dessa forma, até a conclusão deste trabalho, não foi constatada a necessidade de modificar o valor de demanda contratada.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se utilizar a metodologia apresentada neste trabalho e realizar novamente o cálculo de demanda de energia elétrica para o Bloco 'C', levando em consideração a futura distribuição de cargas ao longo do dia. Outra sugestão para trabalhos futuros seria a realização dos cálculos de demanda de iluminação levando em consideração fatores luminotécnicos.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão, última edição de dezembro de 1997.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Resolução nº. 414. Atualizada pela REN 499/2012. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em 01/10/2014.

ALMEIDA, J. C. O.; OLIVEIRA, M. A. G. Sistema de Gerenciamento do Consumo e da Qualidade de Energia Elétrica. Brasília, 2002. 6 p. XV Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica – SENDI 2002.

CAVALIN, G. e CERVELIN, Severino - Instalações Elétricas Prediais- 14a Edição, Editora Érica, 2012.

CELPE., Estrutura Tarifária. Pernambuco: CELPE, s/data Disponível em <http://servicos.celpe.com.br/Lists/Lista%20Comercial%20Alta%20Tensao%20Opcoes%20Tarifarias/DispForm.aspx?ID=7&ContentTypeId=0x01003C92DB33E2E645D9986A3CE43AC8003D00563E5D46C6273B4DBAEBBC02EF2784EC6>. Acesso em 22. Set. 2014.

CEMIG - Manual de Distribuição - ND-5.1 - Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária - Rede de Distribuição Aérea - Edificações Individuais (versão de maio de 2013).

CEMIG - Estrutura Tarifária. [Minas Gerais:] CEMIG, s/data. Disponível em http://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/Clientes/Paginas/cartilhas_de_tarifas.aspx Acesso em 22. set. 2014.

CORREA DA COSTA, Gilberto José - Iluminação Econômica: Cálculo e Avaliação-, 3a Edição, EDIPUCRS, 2005, Porto Alegre-RS.

COTRIM, Ademaro. Instalações elétricas. Revisão e adaptação técnica em conformidade com a BR 5410: Geraldo Kindermann. São Paulo. Pearson Prentice Hall, 2004.

CREDER, Hélio. Instalações elétricas. 15ª edição, Rio de Janeiro: LTC, 2007.

ELETROBRÁS/PROCEL - Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações - Fupai, Itajubá, 2006.

IFMG - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Formiga. EDITAL DE CONCORRÊNCIA Nº 004/2013 – Formiga. 2013. Anexo II. 25p.

IFMG - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Formiga. Disposições Gerais. Disponível em <http://formiga.ifmg.edu.br/>. Acessado em 01/10/2014.

HORTA, L.A. et al. Conservação de Energia: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos. 2ª. ed. Itajubá: Editora da EFEI, 2001.

HUAYLLAS, Tesoro Elena Del Carpio. Análise comparativa de modelos para fixação de tarifas de transmissão e de previsão de mercado de energia de alguns países sul americanos / T.E.D.C. Huayllas. – ed. rev. – São Paulo, 2008. 136 p.

LIMA FILHO, Domingos Leite. Projetos de Instalações Elétricas Prediais. 10ª. Edição, Editora Érica. São Paulo. 2006.

MATHEUS, H. Controle de Demanda. Cuiabá/MT: Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, 2003. 32 p. (Trabalho de Conclusão de Curso) Disponível em: <http://www.ejm.com.br/download/Demanda.pdf> Acesso em 22.set.2014.

MAMEDE FILHO, João. Instalações elétricas industriais. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

MOREIRA, Vinicius de Araújo -Iluminação Elétrica- Editora Edgard Blücher Ltda, 1ª Edição 1999, São Paulo – SP.

NEGRISOLI, Manoel; -Instalações Elétricas: Projetos Prediais em Baixa Tensão- Editora Edgar Blücher Ltda. 2010;

Ozur, F. S; Pereira, T. H.; Correa, Joana D'Arque da Silva. Controle de Demanda de Energia Elétrica. Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH – 2011. 12 p.

**ANEXO A – POTÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS
REFERENTES AOS BLOCOS ‘A’ E ‘B’**

Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
300	Lâmpadas para iluminação de ambientes	40	12000
50	Tomadas de Uso Geral	100	5000
16	Torneiras Elétricas	30	480
6	Agitadores Magnéticos	100	600
10	Ebulidores	400	4000
2	Fornos elétricos	3000	6000
1	Estufa	500	500
1	Mufla	4000	4000
2	Ferro de passar a seco	60	120
1	Agitador Mecânico	100	100
1	Bomba de vácuo	125	125
1	Deionizador	90	90
6	Phametros	3	18
1	Refrigerador	300	300
1	Lavadora de Pressão	1600	1600
1	Refrigerador	300	300
1	Televisor	250	250
6	Computadores	200	1200
1	Impressora	1000	1000
6	Computadores	200	1200
1	Impressora 3D	240	240
3	Refrigeradores	300	900
1	Televisor	250	250
3	Expositores de alimentos	100	300
2	Microondas	800	1600
2	Exaustores	200	400
2	Liquidificadores	600	1200
2	Refresqueiras	240	480
2	Espremedores de frutas	100	200
3	Freezers	300	900
8	Computadores	200	1600
1	Impressora	1000	1000
6	Computadores	200	1200
6	Computadores	200	1200
2	Impressora	1000	2000
10	Computadores	200	2000
7	Computadores	200	1400

Continua.

Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
2	Impressora	1000	2000
20	Computadores	200	4000
2	Nobreak TI	5000	10000
2	Nobreak TI	3000	6000
6	Kit acionamentos	180	1080
4	Bancada básica Sam	100	400
5	Bancada de controle hidráulico	100	500
5	Bancada de treinamento eletropneumático	100	500
2	Bancada de acionamento hidráulico	100	200
3	Bancada de acionamento pneumático	100	300
2	Bancada de instalações elétricas de lorenzo	100	200
6	Bancada de medidas elétricas	100	600
1	Compressor de ar portátil	20	20
6	Controlador lógico programável	80	480
1	Esmerilhadeira	450	450
35	Ferro de solda	60	2100
30	Fonte de alimentação CC/CA Michela	20	600
1	Fresadora CNC	300	300
20	Gerador de Funções	30	600
1	Inversor WEG CFW-11	80	80
6	Kit de eletrônica analógica	100	600
6	Kit de eletrônica digital	100	600
5	Kit de eletrônica de potência	100	500
25	Lâmpadas incandescentes 100 W	100	2500
1	Megômetro Digital	30	30
1	Terrômetro digital	30	30
15	Osciloscópio digital	40	600
1	Parafusadeira	30	30
1	Planta didática para temperatura	200	200
15	Reator eletrônico	32	480
4	Reator de vapor metálico	400	1600
1	Sistema de treinamento em eletro-pneumática	200	200
1	Soft-Starter Weg	80	80
18	Transformadores	300	5400
20	Varivolt	200	4000
12	bebedouros	70	840
1	elevador	15000	15000
60	ventiladores	60	3600
12	Computadores Lab circuitos	200	2400
40	Computadores Lab informática 1	200	8000
27	Computadores Lab informática 2	200	5400

Continua.

Quantidade	Descrição	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)
40	Computadores Lab informática 3	200	8000
10	Kits multimidia - Datashow	80	800
2	Kits de áudio - Caixa de som, microfone	150	300
10	Roteadores	30	300
2	Condicionadores de ar	2000	4000
3	Motor de Indução monofásico	180	540
20	Motor de Indução trifásico	3000	60000
3	Motor trifásico	500	1500
1	Motor trifásico	800	800
12	Transformadores	600	7200
20	Autotransformador	200	4000
6	Autotransformador Partida De Lorenzo	200	1200
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA (W) (KVA)			226,893

Fonte: Do próprio autor (2014).