



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**PROJETO COMPLEMENTAR DE ILUMINAÇÃO PARA O PRÉDIO DO
PROJETO FRONTEIRAS DO DIAGNÓSTICO E DAS TERAPIAS DAS
DOENÇAS PREVALENTES NO SÉCULO XXI.**

Diego Dias de Souza

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
AGOSTO 2009

**PROJETO COMPLEMENTAR DE ILUMINAÇÃO PARA O
PRÉDIO DO PROJETO FRONTEIRAS DO DIAGNÓSTICO E DAS
TERAPIAS DAS DOENÇAS PREVALENTES NO SÉCULO XXI.**

DIEGO DIAS DE SOUZA

PROJETO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO ELETRICISTA.

APROVADO POR:

Prof. Jorge Luiz do Nascimento, Dr.Eng.
(Orientador)

Prof. Sergio Sami Hazan, Ph.D..

Eng. Felipe José Giffoni da Silva.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

AGOSTO 2009

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade que me foi dada por cursar o curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

A minha mãe pelos incentivos e ajuda para a realização do curso.

A meu orientador Prof. Jorge Luiz do Nascimento pela oportunidade em executar este projeto.

Aos funcionários administrativos, técnicos e professores do Departamento de Engenharia Elétrica pela amizade e carinho conquistado por todos.

Aos meus amigos de faculdade e inclusive a Equipe Berimbal pela realização dos eventos extra-classe e churrascos, a qual sentirei saudade pela caminhada que percorremos juntos.

RESUMO

O trabalho consiste na reavaliação do PROJETO BÁSICO DE CONSTRUÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DO PRÉDIO DO PROJETO FRONTEIRAS DO DIAGNÓSTICO E DAS TERAPIAS DAS DOENÇAS PREVALENTES NO SÉCULO XXI e doravante denominado projeto de referência, para a definição da iluminação utilizada na construção da extensão do bloco H, localizado no Centro de Ciências da Saúde, Ilha do Fundão.

O referido projeto faz uma análise de aprofundamento da iluminação do projeto de referência, levando em consideração fatores como economia de energia, qualidade da luz oferecida e a finalidade da aplicação da iluminação.

Primeiramente será apresentada a definição teórica na qual este projeto de reavaliação foi elaborado. A seguir apresentaremos o projeto de referência, mostrando as definições proposta para a implantação da iluminação. Depois, a linha de estudo seguirá para a análise da situação, verificando a funcionalidade de cada compartimento de acordo com a tarefa a ser executada para implantar o tipo de iluminação adequado.

Posteriormente, será explicitada uma nova proposta complementar de iluminação, empregando o uso de materiais modernos buscando uma maior eficiência luminosa e energética.

Por último, será feita a comparação entre as duas proposta, criticando a análise do projeto de referência em relação aos materiais utilizados e a economia que terá se houver o emprego de materiais de ponta.

ÍNDICE

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO E CONCEITOS

1	Introdução.	1
1.1	Conceitos básicos: grandezas fotométricas.	1
1.2	Conforto luminoso.	9
1.3	O objetivo da iluminação.	10
1.4	Os sistemas de iluminação.	10

CAPÍTULO II – INFORMAÇÕES DO PROJETO DE REFERÊNCIA.

2	Introdução.	13
2.1	Descrição dos pavimentos.	13
2.2	Distribuição de compartimentos em módulos.	14
2.3	Iluminação proposta originalmente.	17

CAPÍTULO III – ANÁLISE DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO E PROPOSTA COMPLEMENTAR.

3	Análise da iluminação por função.	27
3.1	Salas de aula.	29
3.2	Laboratórios.	29
3.3	Salas dos professores, salas dos alunos, secretaria e recepção.	30
3.4	Salas de fluxo laminar, salas de equipamentos pesados e salas de autoclaves.	31
3.5	Auditório.	31
3.6	Banheiros, locais de redes, corredores e escada.	31
3.7	Salas de reunião.	32
3.8	Proposta de iluminação funcional definida por ambientes.	33
3.9	Análise energética e economia de consumo.	42

CAPÍTULO IV – CONCLUSÃO

4	Conclusão.	48
---	------------	----

TABELAS

Tabela 1.1 - Descrição dos Módulos do 1º Pavimento.	14
Tabela 1.2 - Descrição dos Módulos do 1º Pavimento.	16
Tabela 1.3 - Descrição dos Módulos do 3º Pavimento.	16
Tabela 1.4 - Descrição dos Módulos do Sub-solo.	16
Tabela 2.1 - Cálculo de Iluminação do projeto de referência por Módulo:	
1º Pavimento.	19
Tabela 2.2 - Cálculo de Iluminação do projeto de referência por Módulo:	
2º Pavimento.	20
Tabela 2.3 - Cálculo de Iluminação do projeto de referência por Módulo: 3º Pavimento.	21
Tabela 2.2 - Cálculo de Iluminação do projeto de referência por Módulo: Sub-solo.	21
Tabela 2.2 - Cálculo de Iluminação do projeto de referência por Módulo: Total.	21
Tabela 3 - Descrição das Cargas Instaladas por Módulos.	22
Tabela 4 - Parâmetros Simplificados dos Quadros de Energia Referentes aos Circuitos de Iluminação e Tomadas de Uso Geral.	26
Tabela 5 - Cálculo da Proposta da Iluminação Funcional Definida por Módulo.	35
Tabela 6 - Comparativo das Potências Instaladas.	42
Tabela 7 - Análise das Cargas referente a iluminação do projeto de referência.	45
Tabela 8 - Análise das Cargas referente a iluminação do projeto proposto.	45

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO E CONCEITOS

1 Introdução.

O presente trabalho consiste em reavaliar o projeto de iluminação do PROJETO BÁSICO DE CONSTRUÇÃO para o prédio a ser construído no Centro de Ciências da Saúde - CCS, da Cidade Universitária – Ilha do Fundão, Rio de Janeiro. Será construído como uma extensão do Bloco H do referido centro e se destinará às atividades de ensino e pesquisa do Projeto Fronteiras do Diagnóstico e das Terapias das Doenças Prevalentes no Século XXI. Este projeto será a referência para base deste estudo.

O referido projeto aborda as considerações básicas da iluminação, não estudando o conforto visual dos usuários e as funcionalidades característica de cada ambiente ou conjunto de ambiente similar.

Segundo Moreira (1999), em Iluminação Elétrica, locais onde as instalações funcionam várias horas por dia, é importante a obtenção da eficiência energética, recomendando o uso de lâmpadas fluorescentes por possuírem um baixo consumo de energia elétrica em comparação a iluminação irradiada. Entretanto, estas lâmpadas são consideradas fontes de baixa luminância, que permite um melhor controle do ofuscamento. Em relação às luminárias, estas deverão ser de fácil manutenção e limpeza tendo um ótimo rendimento luminoso.

A re-avaliação do projeto será baseada nos conceitos citados acima e nas definições estabelecidas a seguir, guiando-se pela Norma NBR-5413 Níveis Mínimos e Máximos de Iluminação e na Norma NBR-5461 Terminologias para iluminação.

No estudo realizado dá-se a importância ao emprego de um bom projeto de iluminação na economia de energia e dinheiro, ao longo prazo, pois, estima-se que a iluminação seja responsável por 40-45% do consumo total de eletricidade em prédios comerciais e públicos (LAMBERTS et al, 1996). Verifica-se que um custo maior pago na implantação de sistema de iluminação é superado pela economia propiciada na operação deste sistema.

1.1 Conceitos básicos: grandezas fotométricas.

As grandezas a seguir são fundamentais para o entendimento dos conceitos da luminotécnica. A cada definição segue-se a unidade de medida e o símbolo gráfico do Quadro de Unidades de Medida do Sistema Internacional - SI, além de interpretações e comentários destinados a facilitar o seu entendimento.

1.1.1 A radiação solar e a luz.

Uma fonte de radiação emite ondas eletromagnéticas com diferentes comprimentos de onda. A radiação solar tem três espectros principais de radiação: o infravermelho, responsável pela sensação de calor, o espectro visível, ou luz, e o ultravioleta, responsável pelo efeito higiênico da radiação (pois mata bactérias e fungos), pela despigmentação de alguns tipos de tecidos, pelo bronzeamento da pele, etc.

Luz é, portanto, a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual e está compreendida entre 380 e 780 nm. A sensibilidade visual para a luz varia não só de acordo com o comprimento de onda da radiação, mas também com a luminosidade. A curva de sensibilidade do olho humano demonstra que radiações de menor comprimento de onda (violeta e azul) geram maior intensidade de sensação luminosa quando há pouca luz (ex: crepúsculo, noite etc.), enquanto as radiações de maior comprimento de onda (laranja e vermelho) se comportam ao contrário. O olho humano possui diferentes sensibilidades para a luz. De dia nossa maior percepção se dá para o comprimento de onda de 550 nm, correspondente às cores amarelas esverdeadas. E de noite, para o de 510 nm, correspondente às cores verdes azulados.

1.1.2 Luz e Cores.

Há uma tendência em pensarmos que os objetos já possuem cores definidas. Na verdade, a aparência de um objeto é resultado da iluminação incidente sobre ele. Por exemplo, sob uma luz branca, a maçã aparenta ser de cor vermelha, pois ela tende a refletir a porção do vermelho do espectro de radiação, absorvendo a luz nos

outros comprimentos de onda. Se utilizássemos um filtro para remover a porção do vermelho da fonte de luz, a maçã refletiria muito pouca luz, parecendo totalmente negra. Podemos ver que a luz é composta por três cores primárias. A combinação das cores vermelho, verde e azul permite obtermos o branco. (Sistema RGB: R=Red, G=Green, B=Blue).

A combinação de duas cores primárias produz as cores secundárias - magenta, amarelo e ciano. As três cores primárias, dosadas em diferentes quantidades, permitem obtermos outras cores. Da mesma forma que surgem diferenças na visualização das cores ao longo do dia (diferenças da luz do sol ao meio-dia e no crepúsculo), as fontes de luz artificiais também apresentam diferentes resultados. As lâmpadas incandescentes, por exemplo, tendem a reproduzir com maior fidelidade as cores vermelha e amarela do que as cores verde e azul, aparentando ter uma luz mais “quente”.

1.1.3 Potência Total Instalada (ou Fluxo Energético).

Unidade: W ou kW.

É a somatória da potência de todos os aparelhos instalados na iluminação. Trata-se aqui da potência da lâmpada, multiplicada pela quantidade de unidades utilizadas (n), somado à potência consumida de todos os reatores, transformadores e/ou ignitores. Uma vez que os valores resultantes são elevados, a Potência Total Instalada é expressa em quilowatts.

1.1.4 Densidade de Potência.

Unidade: W/m².

É a Potência Total Instalada em watt para cada metro quadrado de área. Essa grandeza é muito útil para os futuros cálculos de dimensionamento de sistemas de ar-condicionado ou mesmo dos projetos elétricos de uma instalação. A comparação entre projetos luminotécnicos somente se torna efetiva quando se leva em conta níveis de Iluminância iguais para diferentes sistemas. Em outras palavras, um sistema luminotécnico só é mais eficiente do que outro, se, ao apresentar o mesmo nível de Iluminância do outro, consumir menos watts por metro quadrado.

1.1.5 Densidade de Potência Relativa.

Unidade: W/m^2 p/ 100 lx.

É a Densidade de Potência Total Instalada para cada 100 lx de Iluminância.

1.1.6 Fluxo Luminoso.

Unidade: lúmen (lm).

Fluxo Luminoso é a radiação total da fonte luminosa entre os limites de comprimento de onda mencionados (380 e 780nm). O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida

1.1.7 Eficiência Energética.

Unidade: lm / W (lúmen / watt).

A eficiência energética das lâmpadas se diferencia entre si não só pelos diferentes Fluxos Luminosos que irradiam, mas também pelas diferentes potências que consomem. Para poder compará-las, é necessário saber quantos lúmens são gerados por watt consumido. A essa grandeza dá-se o nome de Eficiência Energética (ou “Rendimento Luminoso”). Como geralmente a lâmpada é instalada dentro de luminárias, o Fluxo Luminoso final disponível é menor do que o irradiado pela lâmpada, devido à absorção, reflexão e transmissão da luz pelos materiais com que são construídas as luminárias. O Fluxo Luminoso emitido pela luminária é avaliado através da Eficiência da Luminária, isto é, o Fluxo Luminoso da luminária em serviço dividido pelo Fluxo Luminoso da lâmpada.

- Eficiência de luminária (rendimento da luminária).

Unidade: não tem.

“Razão do Fluxo Luminoso emitido por uma luminária, em relação à soma dos fluxos individuais das lâmpadas funcionando fora da luminária”. Normalmente, esse valor é indicado pelos fabricantes de luminárias. Dependendo das qualidades físicas

do recinto em que a luminária será instalada, o Fluxo Luminoso que dela emana poderá se propagar mais facilmente, dependendo da absorção e reflexão dos materiais e da trajetória que irá percorrer até alcançar o plano de trabalho. Essa condição mais ou menos favorável é avaliada pela Eficiência do Recinto.

- Eficiência do Recinto.

Unidade: não tem.

O valor da Eficiência do Recinto é dado por tabelas, contidas nos catálogos dos fabricantes de luminárias (Artluz, PHILIPS, etc...), onde se relacionam os valores dos coeficientes de reflexão do teto, paredes e piso, com a Curva de Distribuição Luminosa da luminária utilizada e o Índice do Recinto. Uma vez calculado o Índice do Recinto, procura-se identificar os valores da refletância do teto, paredes e piso. Na interseção da coluna de refletâncias e linha de Índice do Recinto, encontra-se o valor da Eficiência do Recinto, via Fator de Utilização.

1.1.8 Fator de Utilização.

Unidade: não tem.

O Fluxo Luminoso final (útil) que irá incidir sobre o plano de trabalho é avaliado pelo Fator de Utilização. Ele indica, portanto, a eficiência luminosa do conjunto lâmpada, luminária e recinto. O produto da Eficiência do Recinto pela Eficiência da Luminária (η_L) nos dá o Fator de Utilização.

1.1.9 Fator de Depreciação (ou Fator de Manutenção).

Unidade: %.

Todo o sistema de iluminação tem, após sua instalação, uma depreciação no nível de iluminância ao longo do tempo. Esta é decorrente da depreciação do fluxo luminoso da lâmpada e do acúmulo de poeira sobre lâmpadas e luminárias. Para compensar parte desta depreciação, estabelece-se um fator de depreciação que é utilizado no cálculo do número de luminárias. Este fator evita que o nível de iluminância atinja valores abaixo do mínimo recomendado.

1.1.10 Nível de Iluminância.

Unidade: Lux (lm/ m²).

A luz que uma lâmpada irradia, relacionada à superfície à qual incide, define uma nova grandeza luminotécnica denominada de iluminamento, nível de iluminação ou iluminância.

Expressa em lux (lx), indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada à uma certa distância dessa fonte.

Existem normas especificando o valor mínimo de iluminância, para ambientes diferenciados pelas atividades exercidas, relacionadas ao conforto visual. Alguns dos exemplos mais importantes estão relacionados no anexo 2 da publicação NBR-5413.

- Nível Adequado de Iluminância: Quanto mais elevada a exigência visual da atividade, maior deverá ser o valor da Iluminância Média (Em) sobre o plano de trabalho. Deve-se consultar a norma NBR-5413 para definir o valor de iluminância média pretendido. Como já foi mencionado anteriormente, deve-se considerar também que, com o tempo de uso se reduz o Fluxo Luminoso da lâmpada devido tanto ao desgaste quanto ao acúmulo de poeira na luminária, resultando em uma diminuição da Iluminância. Por isso, quando do cálculo do número de luminárias, estabelece-se um Fator de Depreciação (Fd), o qual, elevando o número previsto de luminárias, evita que, com o desgaste, o nível de Iluminância atinja valores abaixo do mínimo recomendado.

1.1.11 Intensidade Luminosa.

Unidade: candela (cd).

Se a fonte luminosa irradiasse a luz uniformemente em todas as direções, o Fluxo Luminoso se distribuiria na forma de uma esfera. Tal fato, porém, é quase impossível de acontecer, razão pela qual é necessário medir o valor dos lúmens

emitidos em cada direção. Essa direção é representada por vetores, cujos comprimentos indicam as Intensidades Luminosas. Portanto, Intensidade Luminosa é o Fluxo Luminoso irradiado na direção de um determinado ponto.

1.1.12 Luminância.

Unidade: cd/ m².

Das grandezas mencionadas até então, nenhuma é visível, isto é, os raios de luz não são vistos, a menos que sejam refletidos em uma superfície e aí transmitam a sensação de claridade aos olhos. Essa sensação de claridade é chamada de Luminância, e é a Intensidade Luminosa que emana de uma superfície, pela sua superfície aparente.

Como os objetos refletem a luz diferentemente uns dos outros, fica explicado porque a mesma Iluminância pode dar origem a Luminâncias diferentes. Vale lembrar que o Coeficiente de Reflexão é a relação entre o Fluxo Luminoso refletido e o Fluxo Luminoso incidente em uma superfície. Esse coeficiente é geralmente dado em tabelas, cujos valores são em função das cores e dos materiais utilizadas.

1.1.13 Limitação de Ofuscamento.

Duas formas de ofuscamento podem gerar incômodos:

- Ofuscamento direto, através de luz direcionada diretamente ao campo visual.
- Ofuscamento reflexivo, através da reflexão da luz no plano de trabalho, direcionando-a para o campo visual. Considerando que a Luminância da própria luminária é incômoda a partir de 200 cd/m², valores acima deste não devem ultrapassar o ângulo de 45°.

1.1.14 Índice de reprodução de cores.

Unidade: %

Objetos iluminados podem nos parecer diferentes, mesmo se as fontes de luz tiverem idêntica tonalidade. As variações de cor dos objetos iluminados sob fontes de luz diferentes podem ser identificadas através de um outro conceito, a Reprodução de Cores, e de sua escala qualitativa, o Índice de Reprodução de Cores (IRC ou RA). O IRC é estabelecido em função da luz natural que tem reprodução fidedigna, ou seja, 100%. No caso das lâmpadas, o IRC é estabelecido entre 0 e 100, comparando-se a sua propriedade de reprodução de cor à luz natural (do sol). Portanto, quanto maior a diferença na aparência de cor do objeto iluminado em relação ao padrão, menor é seu IRC. Com isso, explica-se o fato de lâmpadas de mesma Temperatura de Cor possuírem Índice de Reprodução de Cores diferentes.

1.1.15 Temperatura de cor.

Unidade: K (Kelvin).

Em aspecto visual, admite-se que é bastante difícil a avaliação comparativa entre a sensação de Tonalidade de Cor de diversas lâmpadas. Para estipular um parâmetro, foi definido o critério Temperatura de Cor (Kelvin) para classificar a luz. Assim como um corpo metálico que, em seu aquecimento, passa desde o vermelho até o branco, quanto mais claro o branco (semelhante à luz diurna ao meio-dia), maior é a Temperatura de Cor (aproximadamente 6500K). A luz amarelada, como de uma lâmpada incandescente, está em torno de 2700 K. é importante destacar que a cor da luz em nada interfere na Eficiência Energética da lâmpada, não sendo válida a impressão de que quanto mais clara, mais potente é a lâmpada.

Convém ressaltar que, do ponto de vista psicológico, quando dizemos que um sistema de iluminação apresenta luz “quente” não significa que a luz apresenta uma maior temperatura de cor, mas sim que a luz apresenta uma tonalidade mais amarelada, usado quando se deseja tornar um ambiente mais aconchegante. Da mesma forma, quanto mais alta for a temperatura de cor, mais “fria” será a luz, para ambiente mais funcionais.

1.1.16 Fator de fluxo luminoso.

Unidade: %

A maioria das lâmpadas de descarga opera em conjunto com reatores. Neste caso, observamos que o fluxo luminoso total obtido depende do desempenho do reator. Este desempenho é chamado de fator de fluxo luminoso (Ballast Factor).

1.1.17 Vida útil, vida média e vida mediana.

A vida útil está relacionada com a durabilidade em horas das lâmpadas e reatores. Portanto, é um parâmetro que deve ser levado em consideração do ponto de vista econômico. Alguns exemplos de vida útil de algumas famílias de lâmpadas:

- Incandescentes: 1.000 horas
- Halógenas: 2.000 a 5.000 horas
- Fluorescentes: 7.500 a 20.000 horas
- Lâmpadas Mistas: 10.000 horas
- Vapor de Sódio Alta Pressão: 28.000 a 32.000 horas

Vida Média é a média aritmética do tempo de duração (tempo que a lâmpada funciona de forma correta) de cada lâmpada ensaiada.

Vida Mediana é o número de horas resultantes, onde 50% das lâmpadas ensaiadas ainda permanecem acesas.

1.2 Conforto luminoso.

O conforto luminoso em um ambiente iluminado artificialmente é provocar no usuário a iluminação adequada para a realização das tarefas visuais, considerando a resposta fisiológica do usuário ao estímulo luminoso.

Um determinado ambiente provido de luz natural e/ou artificial, produz estímulos ambientais, ou seja, um certo resultado em termos de quantidade, qualidade da luz e sua distribuição, contrastes etc. Assim, para desenvolver atividades visuais de maior acuidade visual (atividades mais “finas” e com maior quantidade de detalhes), necessita-se de mais luz no plano de trabalho. Mas quantidade de luz não é o único requisito necessário. Para essas atividades, a boa distribuição de luz no ambiente e a ausência de contrastes excessivos (como a incidência direta do sol no plano de trabalho e reflexos indesejáveis) também são fatores essenciais.

Quanto melhores forem as condições propiciadas pelo ambiente, menor será o esforço físico que o olho terá de fazer para se adaptar às condições ambientais e desenvolver bem a atividade em questão. É o enfoque fisiológico da definição de conforto ambiental.

1.3 O objetivo da iluminação.

O objetivo da iluminação é a obtenção de boas condições de visão associadas à visibilidade, segurança e orientação dentro de um determinado ambiente. Este objetivo está intimamente associado às atividades laborativas, de escritório, escolares.

1.4 Os sistemas de iluminação.

Dividimos assim em sistema principal, aquele que resolverá as necessidades funcionais (como exemplo escrita, leitura e análises químicas), e sistema secundário, que dará mais ênfase à “ambientação” do espaço por meio da luz (numa abordagem mais criativa, livre e não tão “funcional”) (Guia de iluminação, PHILIPS).

O sistema de iluminação (especificamente o efeito produzido pelas luminárias) também se classifica em cinco tipos, definido pela Comissão Internacional de Iluminação, como: *direto* (o fluxo luminoso incide diretamente no plano de trabalho), *indireto* (fluxo luminoso incide primeiramente em um anteparo, sendo o resultado da reflexão do fluxo luminoso que incidirá no plano de trabalho), *direto-indireto ou mista, semi-direta e semi-indireta.*(Moreira, 1999)

1.4.1 Sistema Principal.

Iluminação geral: distribuição aproximadamente regular das luminárias pelo teto; iluminação horizontal de um certo nível médio; uniformidade. Visando atender todas as tarefas visuais rotineiras.

Iluminação localizada (auxiliar): concentra-se a luminária em locais de principal interesse, dando reforço a iluminação geral. Auxiliando e complementando a iluminação geral quando exigido uma tarefa específica.

Vantagens: maior economia de energia, e podem ser posicionadas de tal forma a evitar ofuscamentos, sombras indesejáveis e reflexões veladoras, além de considerar as necessidades individuais.

Desvantagens: em caso de mudança de layout, as luminárias devem ser reposicionadas. Para atividades laborativas, necessitam de complementação através do sistema geral de controle de uniformidade de luz do local. Para outras situações, não necessariamente.

Iluminação de tarefa (auxiliar): luminárias perto da tarefa visual e do plano de trabalho iluminando uma área muito pequena.

Vantagens: maior economia de energia, maior controle dos efeitos luminotécnicos.

Desvantagens: deve ser complementada por outro tipo de iluminação, e apresenta menor flexibilidade na alteração da disposição dos planos de trabalho.

1.4.2 Sistema Secundário.

Luz de destaque: Coloca-se ênfase em determinados aspectos do interior arquitetônico, como um objeto ou uma superfície, chamando a atenção do olhar. Geralmente esse efeito é obtido com o uso de spots, criando-se uma diferença 3,5

ou até 10 vezes maior em relação à luz geral ambiente. Este efeito pode ser obtido também posicionando-se a luz muito próxima à superfície a ser iluminada. Exemplo: paredes, objetos, gôndolas, displays, quadros etc.

Luz de efeito: Enquanto na luz de destaque procuramos destacar algo, aqui o objeto de interesse é a própria luz: jogos de fachos de luz nas paredes, contrastes de luz e sombra etc.

Luz decorativa: Aqui não é o efeito de luz que importa, mas o objeto que produz a luz. Ex: Lustres antigos, arandelas coloniais e velas criam uma área de interesse no ambiente, destacando o objeto mais do que iluminando o próprio espaço.

Modulação de intensidade (dimmerização): É a possibilidade de aumentar ou diminuir a intensidade das várias luminárias, modificando com isso a percepção ambiental.

Luz arquitetônica: Obtida quando posicionamos a luz dentro de elementos arquitetônicos do espaço, como cornijas, sancas, corrimãos etc. Deve-se tomar cuidado com esse termo, pois toda a luz deve ser, por definição, arquitetônica. Ou seja, estar em perfeita integração com a arquitetura.

Nesse caso, estão apenas sendo escolhidos elementos arquitetônicos para servirem de suporte à luz.

CAPÍTULO II – INFORMAÇÕES DO PROJETO DE REFERÊNCIA.

2 Introdução.

O estudo arquitetônico do edifício estabeleceu o 'layout' definitivo (ver planta em anexo), o qual este trabalho baseia-se para a análise do estudo da iluminação. Assim, apresentaremos o projeto de referência fornecido à UFRJ como proposta de PROJETO BÁSICO para construção da expansão do Bloco H do CCS.

2.1 Descrição dos pavimentos

O prédio a ser construído terá três pavimentos e subsolo, com a seguinte descrição:

1º Pavimento – Salas de Aulas Práticas (2), Hall de Entrada Principal, Sala de Professores, Recepção/Secretaria, Circulação Noroeste de acesso às Salas de Aulas Práticas, Corredor Nordeste de acesso aos demais compartimentos, Laboratórios de Pesquisa (5), Escada Principal de acesso ao pavimento superior e ao Sub-solo, Banheiros Masculino (2), Banheiros Femininos (2), Jardins Descobertos, Sala de Reuniões, Sala de Equipamentos Pesados, Sala de Equipamentos de Rede, Escada Secundária de acesso ao pavimento superior, Sala de Autoclaves, Sala de Lavagem, Sala de Apoio, Hall de Entrada Secundária, Circulação Sudeste de acesso à Sala de Apoio, Escada de Entrada, Praça Elevada/Convivência, Jardins Internos, Rampa de acesso à Praça Elevada e ao Auditório, Circulação Sudoeste de acesso alternativo aos Laboratórios.

2º Pavimento - Salas de Aulas Teóricas (3), Circulação Noroeste de acesso às Salas de Aulas, Corredor Nordeste de acesso aos demais compartimentos, Laboratórios de Pesquisa (5), Escada Principal de acesso ao pavimento inferior, Banheiros Masculinos (2), Banheiros Femininos (2), Sala de Reuniões, Sala de Equipamentos Pesados, Sala de Equipamentos de Rede, Escada Secundária de acesso ao pavimento inferior, Sala de Autoclaves, Sala de Lavagem, Hall de Acesso ao Auditório, Auditório, Escada de Acesso ao Auditório vinda do pavimento inferior,

Circulação Sudeste e Circulação Sudoeste de acesso alternativo aos Laboratórios e Rampa de acesso ao Auditório vinda do pavimento inferior.

3º Pavimento - Sala de Máquinas para Sistema de Ar-Condicionados e Escada de Acesso ao 2º Pavimento.

Sub-solo - Subestação e Escada de Acesso ao 1º Pavimento

2.2 Distribuição de compartimentos em módulos

Neste projeto foi considerada a semelhança entre vários dos compartimentos do novo prédio, utilizando-se, por isso, o conceito de módulo para os compartimentos tipo.

Para os módulos iguais, foram suprimidas algumas tabelas para evitar o acúmulo de informações repetidas. Os desenhos do anexo I mostram a designação dos compartimentos como módulos na forma adotada para o projeto.

Os cálculos finais levam em consideração todas as repetições e distribuição dos módulos, ficando mostrado na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 - Descrição dos Módulos do 1º Pavimento

Número do Módulo	Descrição do Ambiente
Módulo 1	Sala de Aulas Práticas.
Módulo 2	Sala de Aulas Práticas. Igual ao módulo 1.
Módulo 3	Hall de Entrada Principal.
Módulo 4	Sala de Professores.
Módulo 5	Recepção/Secretaria.
Módulo 6	Banheiro Masculino.
Módulo 7	Banheiro Feminino. Igual ao módulo 6.
Módulo 8	Escada Principal de acesso ao pavimento superior e ao Sub-solo.
Módulo 9	Laboratório 9, inclui 2 espaços de laboratório, 2 salas de professores, 2 salas de estudantes e uma sala de fluxo laminar.

Tabela 1.1 - Descrição dos Módulos do 1º Pavimento (continuação)

Número do Módulo	Descrição do Ambiente
Módulo 10	Laboratório 10. Igual ao módulo 9.
Módulo 11	Laboratório 11. Igual ao módulo 9.
Módulo 12	Laboratório 12. Igual ao módulo 9.
Módulo 13	Laboratório 13. Igual ao módulo 9.
Módulo 14	Praça elevada – Convivência.
Módulo 15	Circulação Sudeste de acesso à Sala de Apoio.
Módulo 16	Escada de entrada.
Módulo 17A, 17B, 17C	Jardim interno.
Módulo 17D	Rampa de Acesso à Praça Elevada e ao Auditório.
Módulo 18	Hall de Entrada.
Módulo 19	Sala de Lavagem.
Módulo 20	Sala de Autoclaves.
Módulo 21	Escada Secundária de acesso ao pavimento superior.
Módulo 22	Banheiro Masculino.
Módulo 23	Sala de Reuniões.
Módulo 24	Sala de Equipamentos de Rede.
Módulos 25A, 25B, 25C, 25E, 25F	Jardins Descobertos.
Módulo 26	Banheiro Feminino.
Módulo 27	Sala de Equipamentos Pesados.
Módulo 28	Circulação Noroeste - Acesso às Salas de Aulas.
Módulo 29	Sala de Apoio.
Módulo 30	Circulação Nordeste A - Acesso aos demais compartimentos.
Módulo 31	Circulação Nordeste B - Acesso aos demais compartimentos.
Módulo 32	Circulação Nordeste C - Acesso aos demais compartimentos.
Módulo 33	Circulação Sudoeste - Acesso alternativo aos Laboratórios.
Módulos 34A, 34B	Circulações Internas do Laboratório 9.
Módulos 34C, 34D, 34E, 34F, 34G, 34H, 34I, 34J	Circulações Internas, respectivamente, dos Laboratórios 10, 11, 12 e 13.

Tabela 1.2 - Descrição dos Módulos do 2º Pavimento

Número do Módulo	Descrição do Ambiente
Módulo 35	Sala de Aulas Teóricas.
Módulo 36	Sala de Aulas Teóricas.
Módulo 37	Sala de Aulas Teóricas.
Módulo 38	Banheiro Masculino. Igual ao módulo 6.
Módulo 39	Banheiro Feminino. Igual ao módulo 6.
Módulo 40	Laboratório. Igual ao módulo 9.
Módulo 41	Laboratório. Igual ao módulo 9.
Módulo 42	Laboratório. Igual ao módulo 9.
Módulo 43	Laboratório. Igual ao módulo 9.
Módulo 44	Laboratório. Igual ao módulo 9.
Módulo 45	Auditório.
Módulo 46	Sala de Lavagem. Igual ao módulo 19.
Módulo 47	Sala de Autoclaves. Igual ao módulo 20.
Módulo 48	Banheiro Feminino. Igual ao módulo 22.
Módulo 49	Sala de Reuniões. Igual ao módulo 23.
Módulo 50	Sala de Equipamentos de Rede. Igual ao módulo 24.
Módulo 51	Banheiro Masculino. Igual ao módulo 26.
Módulo 52	Sala de Equipamentos Pesados. Igual ao módulo 27.
Módulo 53	Circulação Nordeste A - Igual ao módulo 30.
Módulo 54	Circulação Nordeste B - Igual ao módulo 31.
Módulo 55	Circulação Nordeste C - Igual ao módulo 32.
Módulo 56 ^a	Hall de Acesso ao Auditório.
Módulo 56B	Escada de Acesso ao Auditório vinda do pavimento inferior.
Módulo 56C	Rampa de acesso ao Auditório vinda do pavimento inferior.
Módulo 57	Circulação Sudeste.
Módulo 58	Circulação Sudoeste - Acesso alternativo aos Laboratórios.
Módulo 59A e 59B, 59C e 59D, 59E e 59F, 59G e 59H, 59I e 59J	Circulações Internas, respectivamente, dos Laboratório 14, 15, 16, 17 e 18.
Módulo 60	Circulação Noroeste de acesso às Salas de Aulas

Tabela 1.3 - Descrição dos Módulos do 3º Pavimento

Número do Módulo	Descrição do Ambiente
Módulo 61	Sala de Ar-Condicionado.

Tabela 1.4 - Descrição dos Módulos do Sub-solo

Número do Módulo	Descrição do Ambiente
Módulo 62	Subestação

2.3 Iluminação proposta originalmente.

O projeto da iluminação foi baseado nos conceitos da Norma NBR 5413, Iluminação de interiores, estabelecendo limites mínimos e máximos para iluminância definido de acordo com a função de cada ambiente.

Para o cálculo da iluminação, utilizou-se o método do fluxo total, conforme a seqüência de cálculos abaixo:

$$\Phi = \frac{A \times E}{f_u \times f_d} \quad (I)$$

$$RCR = \frac{5 \times PDU \times (L+C)}{L \times C} \quad (II)$$

$$n = \frac{\Phi}{\varphi} \quad (III)$$

onde:

Φ = Fluxo Total (Lumens)

A= Área

E= Iluminância desejada

f_u = Fator de utilização,

f_d = Fator de depreciação, que é igual 0,85 (ambiente médio)

n= Número de luminárias

φ = Fluxo luminoso da luminária

RCR= Índice de cavidade do recinto

PDU= Pé direito útil.

L= Largura

C= Comprimento

* f_u : cruzamento dos valores de RCR com os coeficientes de reflexão. (Tabela no catálogo da luminária. Para efeito de cálculo, foi usada a luminária modelo 344, 2x32W da Art-Luz). Os valores escolhidos para a reflexão de cores: 0,7; 0,5 e 0,2.

* Lâmpada: 32W, $\phi = 2350$ lumens. Para luminárias com duas lâmpadas, temos: $2 \times 2350 = 4700$ lumens.

2.3.1 Cálculo das Cargas de Iluminação.

Para os módulos relativos às escadas, utilizou-se um ponto de luz para cada platô. Sendo assim, temos a seguinte determinação dos resultados do projeto de referência:

- módulo 8: escada de acesso do primeiro pavimento ao segundo, ao subsolo e à Casa de Máquinas. Logo, serão três pontos de iluminação. Utilizando a mesma luminária descrita acima, teremos $3 \times 64 = 192$ VA.
- módulo 21: escada de acesso do primeiro pavimento ao segundo. Neste caso, apenas um ponto de iluminação por módulo. Logo, 64 VA, por módulo.
- módulos 34A até 34J e módulos 59A até 59J: circulações de acesso aos Laboratórios. Será um ponto de iluminação para cada um, com uma luminária de duas lâmpadas de 32 W. Logo 128 VA por laboratório.

As tabelas abaixo contém os cálculos da iluminação relativo ao projeto de referência.

Tabela 2.1 - Cálculo de Iluminação do projeto de referência por Módulo: 1º Pavimento

Módulo	C (m)	L(m)	A(m ²)	RCR	Iluminância (E)	FU	Φ (lúmens)	n	VA
Mod. 1	9,18	7,35	67,47	2,69	500	0,55	72160,43	16	1.024
Mod. 2	9,18	7,35	67,47	2,69	500	0,55	72160,43	16	1.024
Mod. 3	5,00	9,50	47,50	3,36	150	0,50	16764,71	4	256
Mod. 4	4,60	7,00	32,20	3,96	500	0,46	41176,47	8	512
Mod. 5	4,40	7,00	30,80	4,07	500	0,42	43137,25	8	576
Mod. 6	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	9942,61	2	128
Mód. 7	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	9942,61	2	128
Mód. 8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	3	192
Mod. 9 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	65816,47	14	896
Mod. 9 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	500	0,34	19100,35	4	256
Mod. 9 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20168,07	4	256
Mod. 9 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	10847,75	2	128
Mod. 10 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	65816,47	14	896
Mod. 10 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	500	0,34	19100,35	4	256
Mod. 10 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20168,07	4	256
Mod. 10 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	10847,75	2	128
Mod. 11 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	65816,47	14	896
Mod. 11 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	500	0,34	19100,35	4	256
Mod. 11 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20168,07	4	256
Mod. 11 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	10847,75	2	128
Mod. 12 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	65816,47	14	896
Mod. 12 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	500	0,34	19100,35	4	256
Mod. 12 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20168,07	4	256
Mod. 12 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	10847,75	2	128
Mod. 13 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	65816,47	14	896
Mod. 13 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	500	0,34	19100,35	4	256
Mod. 13 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20168,07	4	256
Mod. 13 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	10847,75	2	128
Mod. 14	9,85	18,35	180,75	1,72	250	0,67	79345,92	16	1.024
Mód. 15	3,50	12,50	43,75	4,02	150	0,44	17546,79	4	256
Mód. 16	3,70	10,00	37,00	4,07	150	0,44	14839,57	3	192
Mód. 17A	3,50	10,00	35,00	4,24				2	128
Mód. 17B	3,50	10,00	35,00	4,24				2	128

Tabela 2.1 - Cálculo de Iluminação do projeto de referência por Módulo: 1º Pavimento (continuação)

Mód. 17C	2,00	4,00	8,00	8,25				2	128
Mód. 17D	2,00	13,00	26,00	6,35				2	128
Mod. 18	6,50	8,50	55,25	2,99	150	0,51	9942,61	2	128
Mod. 19	5,25	6,05	31,76	3,91	200	0,48	15568,63	3	192
Mod. 20	5,25	6,05	31,76	3,91	200	0,48	15568,63	3	192
Mód. 21	-----	-----	-----	-----	-----	-----		1	64
Mód. 22	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	9942,61	2	128
Mod. 23	5,25	6,05	31,76	3,91	300	0,48	23352,94	5	320
Mod. 24	2,85	5,25	14,96	5,96	300	0,37	14270,27	3	192
Mód.25 ^a até 25F	-----	-----	-----	-----		-----		1	64
Mód. 26	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	9942,61	2	128
Mod. 27	5,25	6,05	31,76	3,91	200	0,48	15568,63	3	192
Mod. 28	2,50	25,30	63,25	4,83	150	0,41	27223,82	6	384
Mod. 29	1,75	11,80	20,65	7,22	250	0,31	19592,03	4	256
Mod. 30	3,60	26,00	93,60	3,48	150	0,46	35907,93	8	512
Mod. 31	3,60	24,10	86,76	3,51	150	0,45	34023,53	7	448
Mód. 32	3,60	26,00	93,60	3,48	150	0,46	35907,93	8	512
Mód. 33	1,85	100,00	185,00	6,06	150	0,37	88235,29	18	1.152
Mód 34 ^a até 34J	1,20	6,00	7,20	11,00	150	0,28	4537,82	1	64
									19.328

Tabela 2.2 - Cálculo de Iluminação do projeto de referência por Módulo: 2º pavimento

Mód. 35	7,35	9,20	67,62	2,69	500	0,55	72320,86	16	1.024
Mód. 36	7,35	9,20	67,62	2,69	500	0,55	72320,86	16	1.024
Mod. 37	6,90	9,20	63,48	2,79	500	0,52	71809,95	16	1.024
Mód. 38	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	9942,61	2	128
Mód. 39	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	9942,61	2	128
Mód.40 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	65816,47	14	896
Mód. 40 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	600	0,34	22920,42	4	256
Mód. 40 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20168,07	4	256
Mód. 40 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	10847,75	2	128
Mód.41 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	65816,47	14	896
Mód. 41 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	600	0,50	22920,42	4	256
Mód. 41 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,34	20168,07	4	256
Mód. 41 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,35	10847,75	2	128
Mód.42 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	65816,47	14	896
Mód. 42 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	600	0,34	22920,42	4	256
Mód. 42 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20168,07	4	256
Mód. 42 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	10847,75	2	128
Mód.43 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	65816,47	14	896
Mód. 43 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	600	0,34	22920,42	4	256
Mód. 43Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20168,07	4	256

**Tabela 2.2 - Cálculo de Iluminação do projeto de referência por Módulo: 2º pavimento
(continuação)**

Mód. 43 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	10847,75	2	128
Mód.44 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	65816,47	14	896
Mód. 44	2,30	4,80	11,04	7,07	600	0,34	22920,42	4	256

alunos									
Mód. 44 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20168,07	4	256
Mód. 44 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	10847,75	2	128
Mod. 45	11,40	17,50	199,50	1,59	200	0,64	73345,59	16	1.024
Mód. 46	5,25	6,05	31,76	3,91	200	0,48	15568,63	3	192
Mód. 47	5,25	6,05	31,76	3,91	200	0,48	15568,63	3	192
Mód. 48	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	9942,61	2	128
Mód. 49	5,25	6,05	31,76	3,91	300	0,48	23352,94	5	320
Mód. 50	2,85	5,25	14,96	5,96	300	0,37	14270,27	3	192
Mód. 51	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	9942,61	2	128
Mod. 52	5,25	6,05	31,76	3,91	200	0,48	15568,63	3	192
Mód. 53	2,10	25,60	53,76	5,67	150	0,46	20624,04	4	256
Mód. 54	2,10	24,30	51,03	5,69	150	0,46	19576,73	4	256
Mód. 55	2,10	25,00	52,50	5,68	150	0,46	20140,66	4	256
Mód. 56A	5,00	6,30	31,50	3,95	150	0,48	11580,88	2	128
Mód. 56B	3,00	8,00	24,00	5,04	150	0,41	10329,99	2	128
Mód. 56C								2	128
Mód. 57	1,90	13,20	25,08	6,62	250	0,35	21075,63	4	256
Mód. 58	1,85	80,00	148,00	6,08	150	0,37	70588,24	15	960
Mód 59A até 59J	1,20	6,00	7,20	11,00	150	0,25	5082,35	1	64
Mód. 60	2,70	27,10	73,17	4,48	150	0,43	30028,73	6	384
Mód. 61	5,00	12,50	62,50	3,08	150	0,35	31512,61	7	448
Mod. 62								12	768
									16.768

Tabela 2.3 - Cálculo de Iluminação do projeto de referência por Módulo: 3º pavimento

Mód. 61	5,00	12,50	62,50	3,08	150	0,35	31512,61	7	448
---------	------	-------	-------	------	-----	------	----------	---	-----

Tabela 2.4 - Cálculo de Iluminação do projeto de referência por Módulo: Sub-solo

Mod. 62								12	768
---------	--	--	--	--	--	--	--	----	-----

Tabela 2.5 - Cálculo de Iluminação do projeto de referência por Módulo: Total

Carga Total de Iluminação									37.312
---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--------

2.3.2 Distribuição das cargas instaladas por módulos.

Apresentam-se aqui as tabelas relativas à relação de cargas instaladas por módulos estabelecidos no projeto original, onde as informações dos módulos iguais estão em tabelas únicas, lembrando que para a análise deste projeto levaremos em consideração apenas os valores das cargas relativas à iluminação.

Tabela 3 – Descrição das Cargas Instaladas por Módulos.

Carga Total – Módulo 1 e 2 – Salas de Aulas Práticas	
Iluminação	1.024 VA
Tomadas de uso geral/específico	700 VA
Tomadas de equipamentos pesquisa	2.404 VA
<i>Total</i>	4.128 VA
Carga Total – Módulo 3 – Hall	
Iluminação	256 VA
Tomadas de uso geral/específico	600 VA
<i>Total</i>	856 VA
Carga Total – Módulo 4 – Sala de Professores	
Iluminação	512 VA
Tomadas de uso geral/específico	6.000 VA
<i>Total</i>	6.512 VA
Carga Total – Módulo 5 – Recepção/Secretaria	
Iluminação	576 VA
Tomadas de uso geral/específico	6.900 VA
<i>Total</i>	7.476 VA
Carga Total – Módulos 6 e 7 – Banheiros Masculino e Feminino	
Iluminação	128 VA
Tomadas de uso geral/específico	900 VA
<i>Total</i>	1.028 VA
Carga Total – Módulo 8 – Escada	
Iluminação	192 VA
Tomadas de uso geral/específico	200 VA
<i>Total</i>	392 VA
Carga Total – Módulos 9, 10, 11, 12, 13, 40, 41, 42, 43 e 44 – Laboratórios	
Iluminação	1.536 VA
Tomadas de uso geral/específico	7.900 VA
Tomadas de uso ininterrupto (gerador)	8.555 VA
Tomadas de computadores de laboratórios	21.100 VA
Tomadas de equipamentos pesquisa	29.155 VA
<i>Total</i>	68.346 VA
Carga Total – Módulo 14 – Praça Elevada – Convivência	
Iluminação	1.024 VA
Tomadas de uso geral/específico	1.100 VA
<i>Total</i>	2.124 VA
Carga Total – Módulo 15 – Circulação Sudeste	
Iluminação	256 VA
Tomadas de uso geral/específico	400 VA
<i>Total</i>	656 VA
Carga Total – Módulo 16 – Escada de Entrada	
Iluminação	192 VA
Tomadas de uso geral/específico	300 VA
<i>Total</i>	492 VA

Tabela 3 – Descrição das Cargas Instaladas por Módulos. (continuação)	
Carga Total – Módulos 17A, 17B e 17C – Jardim Interno	
Iluminação	128 VA
Tomadas de uso geral/específico	1.000 VA
Total	1.128 VA
Carga Total – Módulos 17D – Rampa de acesso ao Auditório	
Iluminação	128 VA
Tomadas de uso geral/específico	1.000 VA
Total	1.128 VA
Carga Total – Módulo 18 – Hall de Entrada	
Iluminação	128 VA
Tomadas de uso geral/específico	400 VA
Total	528 VA
Carga Total – Módulo 19 e 46 – Sala de lavagem	
Iluminação	192 VA
Tomadas de uso geral/específico	1.200 VA
Tomadas equipamentos da sala de lavagem	15.240 VA
Total	16.632 VA
Carga Total – Módulo 20 e 47 – Sala de Autoclaves	
Iluminação	192 VA
Tomadas de uso geral/específico	1.200 VA
Tomadas de Autoclaves	39.600 VA
Total	40.992 VA
Carga Total – Módulo 21 – Escada	
Iluminação	64 VA
Tomadas de uso geral/específico	200 VA
Total	264 VA
Carga Total – Módulo 22 e 26 – Banheiros Masculino e Feminino	
Iluminação	128 VA
Tomadas de uso geral/específico	900 VA
Total	1.028 VA
Carga Total – Módulo 23 e 49 – Sala de Reuniões	
Iluminação	320 VA
Tomadas de uso geral/específico	1.600 VA
Total	1.920 VA
Carga Total – Módulo 24 e 50 – Rack	
Iluminação	192 VA
Tomadas de uso geral/específico	1.200 VA
Tomadas de equipamentos de uso ininterrupto	2.400 VA
Total	3.792 VA
Carga Total – Módulo 25A, 25B, 25C até 25F – Jardim Descoberto	
Iluminação	64 VA
Tomadas de uso geral/específico	600 VA
Total	664 VA
Carga Total – Módulo 27 e 52 – Sala de Equipamentos Pesados	
Iluminação	192 VA
Tomadas de uso geral/específico	1.400 VA
Tomadas equipamentos pesados	22.860 VA
Total	24.452 VA
Carga Total – Módulo 28 – Circulação Noroeste	
Iluminação	384 VA
Tomadas de uso geral/específico	500 VA
Total	884 VA
Carga Total – Módulo 29 – Sala de Apoio	
Iluminação	256 VA
Tomadas de uso geral/específico	900 VA
Total	1.156 VA

Tabela 3 – Descrição das Cargas Instaladas por Módulos. (continuação)

Carga Total – Módulo 30 – Circulação Nordeste A	
Iluminação	512 VA
Tomadas de uso geral/específico	800 VA
Total	1.312 VA
Carga Total – Módulo 31 – Circulação Nordeste B	
Iluminação	448 VA
Tomadas de uso geral/específico	800 VA
Total	1.248 VA
Carga Total – Módulo 32 – Circulação Nordeste C	
Iluminação	512 VA
Tomadas de uso geral/específico	800 VA
Total	1.312 VA
Carga Total – Módulo 33 – Circulação Sudoeste	
Iluminação	1.152 VA
Tomadas de uso geral/específico	1.000 VA
Total	2.152 VA
Carga Total – Módulos 34A, 34B, 34C até 34J e 59A, 59B, 59C até 59J – Circulação dos Laboratórios	
Iluminação	64 VA
Tomadas de uso geral/específico	100 VA
Total	164 VA
Carga Total – Módulo 35, 36 e 37 – Salas de Aulas	
Iluminação	1.024 VA
Tomadas de uso geral/específico	700 VA
Total	1.724 VA
Carga Total – Módulo 38 e 39 – Banheiros Masculino e Feminino	
Iluminação	128 VA
Tomadas de uso geral/específico	900 VA
Total	1.028 VA
Carga Total – Módulo 45 – Auditório	
Iluminação	1.024 VA
Tomadas de uso geral/específico	3.700 VA
Total	4.724 VA
Carga Total – Módulo 48 e 51 – Banheiros Masculino e Feminino	
Iluminação	128 VA
Tomadas de uso geral/específico	900 VA
Total	1.028 VA
Carga Total – Módulo 53 – Circulação Nordeste a	
Iluminação	256 VA
Tomadas de uso geral/específico	600 VA
Total	856 VA
Carga Total – Módulo 54 – Circulação Nordeste b	
Iluminação	256 VA
Tomadas de uso geral/específico	500 VA
Total	756 VA
Carga Total – Módulo 55 – Circulação Nordeste c	
Iluminação	256 VA
Tomadas de uso geral/específico	500 VA
Total	756 VA
Carga Total – Módulo 56A – Hall do Auditório	
Iluminação	128 VA
Tomadas de uso geral/específico	500 VA
Total	628 VA
Carga Total – Módulo 56B – Escada do Hall	
Iluminação	128 VA
Tomadas de uso geral/específico	200 VA
Total	328 VA

Tabela 3 – Descrição das Cargas Instaladas por Módulos. (continuação)

Carga Total – Módulo 56C – Rampa do Auditório	
Iluminação	128 VA
Tomadas de uso geral/específico	200 VA
Total	328 VA
Carga Total – Módulo 57 – Circulação Sudeste	
Iluminação	256 VA
Tomadas de uso geral/específico	300 VA
Total	556 VA
Carga Total – Módulo 58 – Circulação Sudoeste	
Iluminação	960 VA
Tomadas de uso geral/específico	800 VA
Total	1.760 VA
Carga Total – Módulo 60 – Circulação Noroeste	
Iluminação	384 VA
Tomadas de uso geral/específico	600 VA
Total	984 VA
Carga Total – Módulo 61 – Sala de Ar-condicionados	
Iluminação	448 VA
Tomadas de uso geral/específico	2.000 VA
Máquina 1 – 20 TR	33.102 VA
Máquina 2 - 50 TR	84.797 VA
Máquina 2 – 50TR	84.797 VA
Total	205.144 VA
Carga Total – Módulo 62 – Subestação	
Iluminação	768 VA
Tomadas de uso geral/específico	2.000 VA
Total	2.768 VA

2.3.3 Quadros de iluminação divididos por módulos ou agrupamento de módulos conforme estabelecido no projeto.

A seguir apresentamos a proposta do projeto básico de referência aos quadros de iluminação. No projeto original os quadros de energia referente ao controle e proteção dos circuitos de iluminação também contemplam o controle e proteção dos circuitos de tomadas de uso geral.

Assim, ilustramos o presente estudo com a Tabela 4 - Parâmetros Simplificados dos Quadros de Energia Referentes aos Circuitos de Iluminação e Tomadas de Uso Geral do projeto de referência, para facilitar posteriormente a compreensão da re-avaliação da iluminação proposta neste estudo. Ressaltamos que as tabelas completas com os parâmetros dos quadros de energia encontram-se no projeto de referência.

Tabela 4 - Parâmetros Simplificados dos Quadros de Energia Referentes aos Circuitos de Iluminação e Tomadas de Uso Geral.

Descrição do Quadro	Módulos	Potência Demandas (VA)
QTL1	1	1724,1
QTL2	2	1724,1
QTL3	3, 28, 32	3051,9
QTL4	4	6512,1
QTL5	5	7476
QTL6	6, 7,8, 25A	3111,9
QTL7	9, 34A,34B	9762,99
QTL8	10, 34C, 34D	9762,99
QTL9	11, 34E, 34F	9762,99
QTL10	12, 34G, 34H	9762,99
QTL11	13, 34I, 34J	9762,99
QTL12	23, 25B, 25C, 27	4839,9
QTL13	21, 22, 24, 25D, 26, 31	5624,1
QTL14	19, 20, 25E, 25F, 30	5424
QTL15	14, 15, 16, 18, 29	4956
QTL16	17A, 17B, 17C, 17D	4512
QTL17	33	2151,9
QTL18	35	1724,1
QTL19	36	1724,1
QTL20	37, 60	2708,1
QTL21	38,39, 55	2811,9
QTL22	14, 40, 59A, 59B	9762,9
QTL23	15, 41, 59C, 59D	9762,9
QTL24	16, 42, 59E, 59F	9762,9
QTL25	17, 43, 59G, 59H	9762,9
QTL26	18, 44, 59I, 59J	9762,9
QTL27	49, 50, 52	4904,1
QTL28	46, 47, 48, 51, 53, 54	6452,1
QTL29	45, 56A, 56B, 56C, 57	6564
QTL30	58	1760,1
QTL31	61	2448
QTL32	62	2768,01

O resultado total da potência demandada obtida pelo somatório de todos os quadros envolvidos no circuito de iluminação é de 182.601,96 VA.

CAPÍTULO III – ANÁLISE DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO E PROPOSTA COMPLEMENTAR.

3 Análise da iluminação por função.

De forma a atender a Norma NBR-5413, a análise se baseará no Item 5.3.13 que estabelece os seguintes valores máximos e mínimos para iluminância de acordo com o perfil do ambiente. Sendo assim, a análise da iluminação por módulos em primeiro momento, consistirá em relatar se a iluminação está sendo precária ou excessiva, definindo também proposta para aumentar a eficiência energética. Segue abaixo o nível mínimo e máximo de iluminância estabelecido em Norma.

Escolas

- salas de aulas	200 - 300 - 500
- quadros negros	300 - 500 - 750
- salas de trabalhos manuais	200 - 300 - 500
- laboratórios	
. geral	150 - 200 - 300
. local	300 - 500 - 750
- anfiteatros e auditórios:	
. platéia	150 - 200 - 300
. tribuna	300 - 500 - 750
- sala de desenho	300 - 500 - 750
- sala de reuniões	150 - 200 - 300
- salas de educação física	100 - 150 - 200

- costuras e atividades semelhantes

300 - 500 -750

Segundo Costa, Iluminação Econômica, Cálculo e Avaliação (2005, 3ª ed.), um nível de iluminação adequado para uma tarefa visual é extremamente importante. Para análise de um projeto de iluminação é fundamental verificar se a iluminação é compatível com a tarefa a ser desempenhada no ambiente. Assim, faz-se importante analisar o perfil do usuário que executará as tarefas visuais no ambiente, levando em consideração a idade, estado psicológico e a rotina de trabalho do usuário.

Um nível baixo de iluminância provocará cansaço visual e por outro lado um nível excessivo provocará irritabilidade visual, fazendo com que o indivíduo que executa a tarefa visual perca em produtividade.

Para Moreira, Iluminação Elétrica (1999, 1ª ed.), a execução de um projeto de iluminação deve-se basear em alguns fatores como:

- Obter um nível de iluminância local de acordo com a utilização do ambiente.
- Procurar manter uma uniformidade na distribuição das luminárias.
- Evitar o ofuscamento das pessoas que utilizam o local.
- Obter uma correta reprodução das cores dos objetos e ambientes iluminados.
- Optar por uso de equipamentos mais econômicos.
- Harmonizar a iluminação de acordo com o perfil do ambiente.

Assim, baseando-se nestes fatores cria-se um projeto de iluminação que responde a todos os requisitos no qual o usuário exige em um espaço iluminado.

Visando a economia de energia, este estudo considerará que todos os ambientes com mais de cinco luminárias, serão adotados múltiplos interruptores para o controle de 3 a 4 grupo de luminárias. Assim, aproveita-se da racionalização da iluminação do local.

3.1 Salas de aula.

Módulos 1, 2, 35, 36 e 37.

A iluminação deste ambiente deve fornecer boas condições de visão dos documentos colocados sobre as mesas, propiciar boas condições de escrita, leitura de livros e quadro negros, proporcionar uma boa fidelidade na reprodução das cores para diferenciação no manuseio de substâncias. Como este tipo de ambiente exige dos usuário um alto nível de concentração e freqüência contínua na permanência, as salas de aula exigem lâmpadas que possuem alto índice de reprodução de cor (I.R.C. acima de 85%) e temperatura de cor na faixa de 4000K a 6000K.

Nesses ambientes, devido a utilização das salas por várias horas por dia, é importante o uso de lâmpadas fluorescente devido ao fato que estas lâmpadas possuem uma alta durabilidade e alta eficiência energética, com instalação de luminárias de fácil manutenção e limpeza, que possuam alto rendimento luminoso.

Para a iluminação dos quadros-negros poderemos fazer o uso de uma iluminação de preenchimento, pois este é o objeto de maior uso. Sendo assim, poderemos utilizar iluminação com SPOT ou luminárias rebaixadas e direcionais.

3.2 Laboratórios.

Módulos 9 a 13 e 40 a 44.

A iluminação dos laboratórios deve proporcionar aos usuários uma boa luminância, alto índice de reprodução de cores e é aconselhável a utilização de iluminação auxiliar devido a execução de tarefas com alto grau de complexidade visual, como a manipulação de tubos de ensaios.

Vale ressaltar a utilização de máquinas elétricas rotatórias que poderão ser usadas neste ambiente, a exemplo de centrifugas. No caso dessas máquinas girarem na mesma frequência da rede elétricas, lâmpadas de descargas elétricas e fluorescentes podem provocar a impressão que as máquinas estão paradas. Para contornar este problema, faz-se necessários dispositivos que possam alternar a oscilação luminosa entre as lâmpadas de uma mesma luminária, evitando assim a ocorrência deste problema.

Para melhorar a eficiência luminosa podemos inserir luminárias articuladas fixadas nas bancadas onde serão executados os experimentos.

3.3 Salas dos professores, salas dos alunos, secretaria e recepção.

Módulos 4, 5, 34A a 34J e 58A a 58J.

A iluminação destes ambientes será tomada como base no ambiente do tipo escritório. Para locais com 5 a 10 pessoas trabalhando o ideal será o emprego de iluminância de 500 lux. Locais com mais de 10 pessoas trabalhando utilizam-se nos cálculos iluminância de 600 lux.

Para as salas dos professores e as salas dos alunos poderá ser empregado uma iluminação auxiliar com luminárias tipo LEDs fixadas nas mesas de trabalho.



Figura 1: Ilustração de projeto de escritório.

Cortesia General Eletric

3.4 Salas de fluxo laminar, salas de equipamentos pesados e salas de autoclaves.

Módulos 19, 20, 27, 46, 47, 52, 34A a 34J e 58A a 58J.

Para salas de fluxo laminar e salas de autoclaves é recomendada uma iluminância entre 150 a 300 lux. Este ambiente as lâmpadas devem ter um índice de reprodução de cor na faixa de 80%, devido ao fato da necessidade de distinção de objetos.

3.5 Auditório.

Módulos 45.

Para os auditórios seguiremos a iluminância baseada na Norma NBR-5413, sendo que a tribuna poderá ser iluminada com lâmpadas PAR e luminárias SPOT oferecendo à tribuna uma iluminação com boa reprodução de cores para apresentação de trabalhos e focalizada.

A platéia iluminada com lâmpadas fluorescente para a iluminação principal e uma iluminação de preenchimento nas proximidades das paredes com luminárias de iluminação indireta.

3.6 Banheiros, locais de redes, corredores e escada.

Módulos 3, 6, 7, 8, 15, 16, 21, 22, 24, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 38, 39, 48, 50, 51, 53, 54, 55, 57, 60.

Nestes ambientes não se tem a preocupação com execução de tarefas visuais complexas. São utilizados apenas para trânsito ou execução de tarefas rotineiras, exigindo apenas uma iluminação básica.

3.7 Salas de reunião.

Módulos 23 e 49.

Nestes locais necessitamos de um nível de iluminância na faixa de 150 a 300 lux e uma iluminação de preenchimento, devido ao fato de uso freqüente de retro-projetores.



Figura 2: Exemplo de iluminação de uma sala de reunião.

Cortesia OSRAM.

3.8 Proposta à iluminação funcional definida por ambientes.

3.8.1 Sistema principal de iluminação geral.

Para a proposta de iluminação geral continuaremos usando a luminária modelo 344, 2x28W da Art-(Luz). Esta luminária será usada no emprego do sistema de iluminação principal. É fundamental que todos os ambientes que possuem uma quantidade acima de cinco luminárias, devam usar um sistema de interruptores que controlam grupos de luminárias (acionamento de 3 ou 4 luminárias por grupo). Esta separação da iluminação por grupos é proposta devido ao fato que será usado apenas uma iluminação necessária, economizando assim energia elétrica.

As lâmpadas utilizadas serão as T5 STARCOAT 28W da GE. São lâmpadas de longa vida mediana (20.000 horas) e alta eficiência luminosa (103,6 lumens por watt), que reduzem os custos em energia e mão-de-obra para troca de lâmpadas. Seu bulbo é de diâmetro reduzido, diminui o custo da instalação, proporcionando melhor acabamento ao ambiente, além de possibilitar maior controle ótico, aumentando a saída de luz da luminária.

Seguem as características da lâmpada fluorescente T5 STARCOAT 28W:

Código Comercial	F28W/T5/840
Potência Elétrica	28 Watts
Fluxo Luminoso @ 100H (Lumens)	2900
Vida Mediana	20000 horas
Temperatura	4000 K
I.R.C.	85

A possibilidade de emprego de lâmpadas modernas é fundamental, pois as novas gerações de lâmpadas fluorescentes possuem alta eficiência luminosa reduzido assim o consumo de energia.

Os reatores recomendáveis no projeto são os reatores eletrônicos de partida rápida com alto fator de potência. O acendimento da lâmpada é controlado

eletronicamente pelo sistema de pré-aquecimento dos filamentos da lâmpada. O reator gera uma pequena tensão em cada filamento e, em seguida, uma tensão de circuito aberto entre os extremos da lâmpada. Essa partida possibilita a emissão de elétrons por efeito termo-iônico. O tempo entre a energização do reator e o acendimento da lâmpada ocorre em torno de 1 a 2,5 segundos (Guia de iluminação, PHILIPS). O uso de reator de alto fator de potência está relacionado a um melhor desempenho propiciando uma melhor confiabilidade do sistema devido a um aumento da vida média, alto nível de economia de energia sendo uma melhor solução a longo prazo.

Segue abaixo o modelo e as características do reator escolhido:

Fabricante	PHILIPS
Código Comercial	ED28A16TL5
Partida	Rápida
Lâmpadas	2 x 28 W
Tensão	127 V
Frequência	50/60 Hz
Corrente da Rede	0.53 A
Potência Total	64 W
Fator de Potência	0,99
Fator de Fluxo Luminoso	1,00
THD	< 10%

Para os módulos relativos às escadas, utilizou-se um ponto de luz para cada platô. Sendo assim, temos a seguinte determinação:

- módulo 8: escada de acesso do primeiro pavimento ao segundo, ao subsolo e à Casa de Máquinas. Logo, serão três pontos de iluminação. Utilizando a mesma luminária descrita acima, teremos $3 \times 2 \times 28 = 168$ VA.

- módulo 21: escada de acesso do primeiro pavimento ao segundo. Neste caso, apenas um ponto de iluminação por módulo. Logo, 56 VA, por módulo.

- módulos 34A até 34J e módulos 59A até 59J: circulações de acesso aos Laboratórios. Será um ponto de iluminação para cada um, com uma luminária de duas lâmpadas de 28 W. Logo 112 VA por laboratório.

A seguir será apresentada a nova tabela de iluminação do sistema principal dividida por módulos. Em anexo, estará o layout da instalação da nova proposta de iluminação. Os cálculos utilizados na tabela 5 estão ilustrados na equação (II) para o índice de cavidade do recinto (RCR), na equação (I) para os valores relacionados a fluxo luminoso total do ambiente e na equação (III) para os números de luminárias utilizadas. A potência total é calculada pelo somatório das potências das lâmpadas utilizadas, lembrando que utilizaremos duas lâmpadas de 28W por luminária.

Tabela 5 - Cálculo da Proposta da Iluminação Funcional Definida por Módulo.

Módulo	C (m)	L (m)	A (m ²)	RCR	Iluminância (E)	FU	Φ (lúmens)	n	VA
Mod. 1	9,18	7,35	67,47	2,69	500	0,55	74800	13	728
Mod. 2	9,18	7,35	67,47	2,69	500	0,55	74800	13	728
Mod. 3	5,00	9,50	47,50	3,36	150	0,50	17378	3	168
Mod. 4	4,60	7,00	32,20	3,96	500	0,46	42683	7	392
Mod. 5	4,40	7,00	30,80	4,07	500	0,42	44715	8	448
Mod. 6	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	10306	2	112
Mód. 7	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	10306	2	112
Mód. 8	-	-	-	-	-	-	-	3	168
Mod. 9 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	68224	12	672
Mod. 9 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	500	0,34	19799	3	168
Mod. 9 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20906	4	224
Mod. 9 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	11245	2	112
Mod. 10 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	68224	12	672
Mod. 10 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	500	0,34	19799	3	168
Mod. 10 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20906	4	224
Mod. 10 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	11245	2	112
Mod. 11 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	68224	12	672
Mod. 11 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	500	0,34	19799	3	168
Mod. 11 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20906	4	224
Mod. 11 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	11245	2	112
Mod. 12 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	68224	12	672
Mod. 12 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	500	0,34	19799	3	168
Mod. 12 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20906	4	224
Mod. 12 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	11245	2	112

Tabela 5 - Cálculo da Proposta da Iluminação Funcional Definida por Módulo. (continuação)

Módulo	C (m)	L (m)	A (m ²)	RCR	Iluminância (E)	FU	Φ (lúmens)	n	VA
Mod. 13 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	68224	12	672
Mod. 13 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	500	0,34	19799	3	168
Mod. 13 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20906	4	224
Mod. 13 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	11245	2	112
Mod. 14	9,85	18,35	180,75	1,72	250	0,67	82249	14	784
Mód. 15	3,50	12,50	43,75	4,02	150	0,44	18189	3	168
Mód. 16	3,70	10,00	37,00	4,07	150	0,44	15382	3	168
Mód. 17A	3,50	10,00	35,00	4,24	-	-	-	2	112
Mód. 17B	3,50	10,00	35,00	4,24	-	-	-	2	112
Mód. 17C	2,00	4,00	8,00	8,25	-	-	-	2	112
Mód. 17D	2,00	13,00	26,00	6,35	-	-	-	2	112
Mod. 18	6,50	8,50	55,25	2,99	150	0,51	19817	3	168
Mod. 19	5,25	6,05	31,76	3,91	200	0,48	16138	3	168
Mod. 20	5,25	6,05	31,76	3,91	200	0,48	16138	3	168
Mód. 21	-	-	-	-	-	-	-	1	56
Mód. 22	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	10306	2	112
Mod. 23	5,25	6,05	31,76	3,91	300	0,48	24207	4	224
Mod. 24	2,85	5,25	14,96	5,96	300	0,37	14792	3	168
Mód. 25A até 25F	-	-	-	-	-	-	-	1	56
Mód. 26	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	10306	2	112
Mod. 27	5,25	6,05	31,76	3,91	200	0,48	16138	3	168
Mod. 28	2,50	25,30	63,25	4,83	150	0,41	28220	5	280
Mod. 29	1,75	11,80	20,65	7,22	250	0,31	20309	4	224
Mod. 30	3,60	26,00	93,60	3,48	150	0,46	37222	6	336
Mod. 31	3,60	24,10	86,76	3,51	150	0,45	35268	6	336
Mód. 32	3,60	26,00	93,60	3,48	150	0,46	37222	6	336
Mód. 33	1,85	100,00	185,00	6,06	150	0,37	91463	16	896
Mód 34A até 34J	1,20	6,00	7,20	11,00	150	0,28	4704	1	56
Mód. 35	7,35	9,20	67,62	2,69	500	0,55	74967	13	728
Mód. 36	7,35	9,20	67,62	2,69	500	0,55	74967	13	728
Mod. 37	6,90	9,20	63,48	2,79	500	0,52	74437	13	728
Mód. 38	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	10306	2	112
Mód. 39	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	10306	2	112
Mód.40 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	68224	12	672
Mód. 40 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	600	0,34	23759	4	224
Mód. 40 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20906	4	224
Mód. 40 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	11245	2	112
Mód.41 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	68224	12	672
Mód. 41 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	600	0,50	16156	3	168
Mód. 41 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,34	21521	4	224
Mód. 41 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,35	10923	2	112

Tabela 5 - Cálculo da Proposta da Iluminação Funcional Definida por Módulo. (continuação)									
Módulo	C (m)	L (m)	A (m2)	RCR	Iluminância (E)	FU	Φ (lúmens)	n	VA
Mód.42 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	68224	12	672
Mód. 42 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	600	0,34	23759	4	224
Mód. 42 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20906	4	224
Mód. 42 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	11245	2	112
Mód.43 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	68224	12	672
Mód. 43 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	600	0,34	23759	4	224
Mód. 43 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20906	4	224
Mód. 43 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	11245	2	112
Mód.44 Lab.	6,30	7,40	46,62	3,23	600	0,50	68224	12	672
Mód. 44 alunos	2,30	4,80	11,04	7,07	600	0,34	23759	4	224
Mód. 44 Prof.	2,50	4,80	12,00	6,69	500	0,35	20906	4	224
Mód. 44 Fluxo	2,20	5,70	12,54	6,93	250	0,34	11245	2	112
Mod. 45	11,40	17,50	199,50	1,59	200	0,64	76029	13	728
Mód. 46	5,25	6,05	31,76	3,91	200	0,48	16138	3	168
Mód. 47	5,25	6,05	31,76	3,91	200	0,48	16138	3	168
Mód. 48	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	10306	2	112
Mód. 49	5,25	6,05	31,76	3,91	300	0,48	24207	4	224
Mód. 50	2,85	5,25	14,96	5,96	300	0,37	14792	3	168
Mód. 51	4,40	5,25	23,10	4,60	150	0,41	10306	2	112
Mod. 52	5,25	6,05	31,76	3,91	200	0,48	16138	3	168
Mód. 53	2,10	25,60	53,76	5,67	150	0,46	21379	4	224
Mód. 54	2,10	24,30	51,03	5,69	150	0,46	20293	3	168
Mód. 55	2,10	25,00	52,50	5,68	150	0,46	20878	4	224
Mód. 56A	5,00	6,30	31,50	3,95	150	0,48	12005	2	112
Mód. 56B	3,00	8,00	24,00	5,04	150	0,41	10708	2	112
Mód. 56C	-	-	-	-	-	-	-	2	112
Mód. 57	1,90	13,20	25,08	6,62	250	0,35	21847	4	224
Mód. 58	1,85	80,00	148,00	6,08	150	0,37	73171	13	728
Mód 59A até 59J	1,20	6,00	7,20	11,00	150	0,25	5268	1	56
Mód. 60	2,70	27,10	73,17	4,48	150	0,43	31127	5	280
Mód. 61	5,00	12,50	62,50	3,08	150	0,35	32666	6	336
Mod. 62	-	-	-	-	-	-	-	10	560
Carga Total de Iluminação:									27664

Abaixo segue a demonstração do cálculo da iluminação para o módulo 1 – Sala de Aulas Práticas.

Primeiramente, calcula-se o RCR utilizando a equação (II).

$$\text{RCR} = \frac{5 \times 4,75 \times (6,3 + 7,4)}{46,62} = 3,23.$$

A seguir obtemos o fluxo luminoso.

$$\Phi = \frac{46,62 \times 500}{0,55 \times 0,82} = 74800 \text{ lúmens.}$$

Agora desenvolvendo a última equação obtemos os números de luminárias a utilizar. O importante é ter bom senso na quantidade de luminárias a serem utilizadas. As vezes não se tem um número par de luminárias por esse motivo não se obtém uma uniformidade na instalação das mesmas, então, deve-se acrescentar uma quantidade de luminárias até se obter a uniformidade. Salvo, em casos que o projeto necessita uma maior iluminância em um objeto ou área específica, a exemplo de um quadro-negro.

$$n = \frac{74800}{2 \times 2900} = 13 \text{ luminárias.}$$

A potência total demandada é o somatório das potências individuais das lâmpadas neste caso será:

$$\text{VA} = (2 \times 28) \times 13 = 768 \text{ VA.}$$

O cômodo auxiliar localizado nos banheiro possuirão uma iluminação com lâmpadas compactas de 9 Watts, considerando os quatros cômodos (dois no primeiro pavimento e dois no segundo pavimento) uma potência total adicional de $4 \times 9\text{W} = 36\text{W}$.

A potência total empregada no sistema de iluminação principal foi de 2700 VA.

A seguir a ilustração dos equipamentos utilizados assim como uma demonstração do conceito de iluminação proposto.



Figura 3: Lâmpada T5 STARCOAT 28W.
Cortesia General Eletric.



Figura 4: Luminária ARTLUZ modelo 344.
Cortesia Artluz Metalurgia.

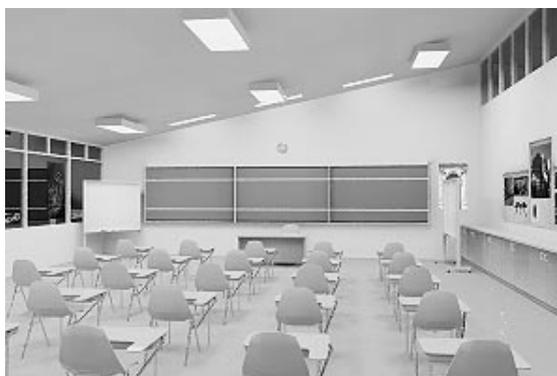


Figura 5: Concepção final de uma sala de aula.
Cortesia General Eletric.

3.8.2 Sistema auxiliar de iluminação.

O sistema auxiliar será empregado apenas nos locais onde necessita de um reforço na iluminação, sendo acionado apenas quando for exigida uma melhor iluminação dependendo da tarefa visual a ser executada.

3.8.2.1 Auditório.

A iluminação auxiliar do auditório será feita à parte de luminárias direcionáveis para lâmpadas incandescentes tipo PAR-30 (bulbo PAR30, base E27). Serão empregadas seis lâmpadas PAR 30 direcionadas para o palco do auditório. Sendo as mesmas acionadas de modo a acendê-las ou apagá-las as duas lâmpadas mais externas e as duas lâmpadas internas de forma independente. As PAR-30 são lâmpadas projetoras fabricadas com vidro resistente a choques térmicos, podendo ser usadas expostas ao tempo, proporcionando um preciso e intenso fecho de luz. Ideal para palcos.

Segue a descrição do modelo de lâmpada PAR-30 escolhido:

Fabricante	PHILIPS
Categoria	Halógena
Subcategoria	Halógena PAR Pro
Descrição	PAR30S-75W120-30 Pro
Tensão	127 Volts
Potência	75 Watts
Bulbo	PAR-30
Base	E27
Máxima Intensidade Luminosa	3400 cd
Abertura do Facho	30 graus
Vida Média	2500 horas
Temperatura de Cor	3000 K

A potência empregada no sistema de iluminação auxiliar será 450 VA.

As luminárias deste sistema serão da linha de SPOTS da PHILIPS, que são utilizadas para iluminação dirigida. O modelo empregado será QCN501, para lâmpadas PAR30.



Figura 6: Luminária linha SPOTS PHILIPS mod. QCN501.

Cortesia PHILIPS.

3.8.2.2 Sala dos professores e laboratórios.

A iluminação auxiliar proposta para esses locais será o emprego de luminárias com LED's embutido. As luminárias propostas deverão ser empregadas acima das bancadas experimentais e nas mesas de trabalho das salas dos professores.

A iluminação proposta será o emprego das luminárias DOT-it da OSRAM. O modelo DOT-it VARIO é uma luminária direcional auxiliar que oferece 360° de iluminação "spot" precisa. Basta girar o refletor para direcionar a luz do LED. Podem ser fixadas de diversas maneiras como: imã, adesivo, velcro e gancho. Permite maior versatilidade às aplicações. Perfeita para uma precisa iluminação "spot".

Estas luminárias têm um sistema de alimentação independente envolvendo pilhas tipo AAA.



Figura 7: Concepção Artística da iluminação da Luminária DOT-it Vario.

Cortesia OSRAM.

3.9 Análise energética e economia de consumo.

A potência total empregada na iluminação incluindo a iluminação principal e a iluminação auxiliar baseadas nos cálculos realizado nos itens anteriores foi de 27.700 VA no sistema de iluminação principal e de 450 VA para iluminação auxiliar, somando uma potência empregada de 28.150 VA.

Baseando-se na proposta inicial na qual foi empregada uma potência de 35804 VA, o emprego de uma lâmpada fluorescente moderna propiciou uma diminuição de potência empregada na faixa dos 20 por cento, conforme a tabela 6.

Tabela 6 - Comparativo das Potências Instaladas.

Módulo	Potência atual (VA)	Potência original (VA)	Diminuição/Acréscimo (%)
Mod. 1	728	1.024	-28,9%
Mod. 2	728	1.024	-28,9%
Mod. 3	168	256	-34,4%
Mod. 4	392	512	-23,4%
Mod. 5	448	576	-22,2%
Mod. 6	121	128	-5,5%
Mód. 7	112	128	-12,5%
Mód. 8	168	192	-12,5%
Mod. 9 Lab.	672	896	-25,0%
Mod. 9 alunos	168	256	-34,4%
Mod. 9 Prof.	224	256	-12,5%
Mod. 9 Fluxo	112	128	-12,5%
Mod. 10 Lab.	672	896	-25,0%
Mod. 10 alunos	168	256	-34,4%
Mod. 10 Prof.	224	256	-12,5%
Mod. 10 Fluxo	112	128	-12,5%
Mod. 11 Lab.	672	896	-25,0%
Mod. 11 alunos	168	256	-34,4%
Mod. 11 Prof.	224	256	-12,5%
Mod. 11 Fluxo	112	128	-12,5%
Mod. 12 Lab.	672	896	-25,0%
Mod. 12 alunos	168	256	-34,4%
Mod. 12 Prof.	224	256	-12,5%
Mod. 12 Fluxo	112	128	-12,5%
Mod. 13 Lab.	672	896	-25,0%
Mod. 13 alunos	168	256	-34,4%
Mod. 13 Prof.	224	256	-12,5%
Mod. 13 Fluxo	112	128	-12,5%
Mod. 14	784	1.024	-23,4%
Mód. 15	168	256	-34,4%
Mód. 16	168	192	-12,5%
Mód. 17A	112	128	-12,5%

Tabela 6 - Comparativo das Potências Instaladas. (continuação)

Módulo	Potência atual (VA)	Potência original (VA)	Diminuição/Acréscimo (%)
Mód. 17B	112	128	-12,5%
Mód. 17C	112	128	-12,5%
Mód. 17D	112	128	-12,5%
Mod. 18	168	128	31,3%
Mod. 19	168	192	-12,5%
Mod. 20	168	192	-12,5%
Mód. 21	56	64	-12,5%
Mód. 22	121	128	-5,5%
Mod. 23	224	320	-30,0%
Mod. 24	168	192	-12,5%
Mód. 25A até 25F	56	64	-12,5%
Mód. 26	112	128	-12,5%
Mod. 27	168	192	-12,5%
Mod. 28	280	384	-27,1%
Mod. 29	224	256	-12,5%
Mod. 30	336	512	-34,4%
Mod. 31	336	448	-25,0%
Mód. 32	336	512	-34,4%
Mód. 33	896	1.152	-22,2%
Mód 34A até 34J	56	64	-12,5%
Mód. 35	728	1.024	-28,9%
Mód. 36	728	1.024	-28,9%
Mod. 37	728	1.024	-28,9%
Mód. 38	121	128	-5,5%
Mód. 39	112	128	-12,5%
Mód.40 Lab.	672	896	-25,0%
Mód. 40 alunos	224	256	-12,5%
Mód. 40 Prof.	224	256	-12,5%
Mód. 40 Fluxo	112	128	-12,5%
Mód.41 Lab.	672	896	-25,0%
Mód. 41 alunos	168	256	-34,4%
Mód. 41 Prof.	224	256	-12,5%
Mód. 41 Fluxo	112	128	-12,5%
Mód.42 Lab.	672	896	-25,0%
Mód. 42 alunos	224	256	-12,5%
Mód. 42 Prof.	224	256	-12,5%
Mód. 42 Fluxo	112	128	-12,5%
Mód.43 Lab.	672	896	-25,0%
Mód. 43 alunos	224	256	-12,5%
Mód. 43 Prof.	224	256	-12,5%
Mód. 43 Fluxo	112	128	-12,5%
Mód.44 Lab.	672	896	-25,0%
Mód. 44 alunos	224	256	-12,5%
Mód. 44 Prof.	224	256	-12,5%
Mód. 44 Fluxo	112	128	-12,5%
Mod. 45	1178	1.024	15,0%
Mód. 46	168	192	-12,5%
Mód. 47	168	192	-12,5%

Tabela 6 - Comparativo das Potências Instaladas. (continuação)

Módulo	Potência atual (VA)	Potência original (VA)	Diminuição/Acréscimo (%)
Mód. 48	112	128	-12,5%
Mód. 49	224	320	-30,0%
Mód. 50	168	192	-12,5%
Mód. 51	121	128	-5,5%
Mod. 52	168	192	-12,5%
Mód. 53	224	256	-12,5%
Mód. 54	168	256	-34,4%
Mód. 55	224	256	-12,5%
Mód. 56A	112	128	-12,5%
Mód. 56B	112	128	-12,5%
Mód. 56C	112	128	-12,5%
Mód. 57	224	256	-12,5%
Mód. 58	728	960	-24,2%
Mód 59A até 59J	56	64	-12,5%
Mód. 60	280	384	-27,1%
Mód. 61	336	448	-25,0%
Mod. 62	560	768	-27,1%
Total:	28.150	35.840	-17,7%

Uma análise operativa do sistema de iluminação será o estudo do comportamento da demanda referente apenas ao consumo da iluminação. Esta análise consiste em obter a escolha de tarifa a ser paga pela energia conforme o perfil de uso da mesma.

Para a escolha da melhor tarifa de consumo de energia, COSTA (2005, 3 ed.), no livro Iluminação econômica, cálculo e avaliação. Diz que é indispensável o cálculo do fator de carga para a escolha da tarifa de energia de forma adequada, sendo o *fator de carga* a relação entre demanda média sobre a demanda máxima.

A seguir serão apresentados os cálculos das demandas das cargas de iluminação divididos em períodos, obtendo o fator de carga dos dois projetos de iluminação apresentados. A Tabela 8 mostra o comportamento da carga de iluminação por período da proposta apresentada, a Tabela 7 mostra o comportamento da carga apresentado no projeto de referência.

Como este projeto não está avaliando a tarifa de energia a ser escolhida, as tabelas abaixo poderão servir como base na escolha, deixamos então, ao futuro gestor do prédio referenciado no projeto em análise.

Tabela 7 - Análise das Cargas referente a iluminação do projeto de referência.

Período		Demanda (kVA)	
Hora	Hora	Dias Úteis	Sabado e Domingo
0	1	2,6	1,1
1	2	4,3	1,1
2	3	4,3	1,1
3	4	4,3	1,1
4	5	12,1	1,1
5	6	13,1	0,9
6	7	13,8	0,9
7	8	31,7	2,2
8	9	17,2	3,4
9	10	17,2	3,4
10	11	19	2,2
11	12	18,8	2,5
12	13	17,5	2,7
13	14	18,3	3,4
14	15	17,5	3,1
15	16	16,8	2,9
16	17	28,4	3,4
17	18	11,2	4,5
18	19	25,4	4,9
19	20	29,5	4,9
20	21	36,6	4,7
21	22	36,6	3,4
22	23	11,2	3,1
23	24	5,6	2,5
Energia		412,97	64,48
Dem. Média		17,21	2,69
Dem. Máx		33,58	14,18
Dem. Total do Sistema		37,31	22,39
Fator de Carga		0,51	0,19

Tabela 8 - Análise das Cargas referente a iluminação do projeto proposto.

Período		Demanda (kVA)	
Hora	Hora	Dias Úteis	Sabado e Domingo
0	1	2	0,8
1	2	3,3	0,8
2	3	3,3	0,8
3	4	3,3	0,8
4	5	9,1	0,8
5	6	9,9	0,7
6	7	10,4	0,7
7	8	23,9	1,7
8	9	12,9	2,5
9	10	12,9	2,5
10	11	14,4	1,7
11	12	14,2	1,9
12	13	13,2	2
13	14	13,8	2,5
14	15	13,2	2,4
15	16	12,7	2,2
16	17	21,4	2,5
17	18	8,4	3,4
18	19	19,1	3,7
19	20	22,2	3,7
20	21	27,6	3,5
21	22	27,6	2,5
22	23	8,4	2,4
23	24	4,2	1,9
Energia		311,56	48,64
Dem. Média		12,98	2,03
Dem. Máx		27,59	14,36
Dem. Total do Sistema		28,15	16,89
Fator de Carga		0,47	0,14

As demandas das tabelas acima foram baseadas nas curvas de cargas para estabelecimentos comerciais, segundo demonstra Costa(2005, 3ª ed.).

Com base nos dados acima, cabe analisar qual a melhor tarifa a ser escolhida de acordo com o perfil de demanda oferecida pela concessionária de energia.

Em relação a análise econômica a nova proposta apresentada no projeto resultou em uma diminuição de 20 por cento da potência em relação o projeto de referência. Assim, considerando-se que o em custo da energia em reais por quilowatts hora é de 0,46242 R\$/kWh (valor cobrado pela concessionária Light no

mês de agosto de 2009), mostraremos a seguir a comparação mensal no consumo de energia do sistema de iluminação entre as propostas. Ressaltamos que como não foi obtida a tabela de demanda das cargas de iluminação não podemos fazer a comparação operacional do sistema de iluminação.

Entretanto, o estudo da análise econômica do projeto consistirá na análise da demanda total do sistema de iluminação, fazendo uma relação comparativa dos dois sistemas apresentados.

O custo no emprego da proposta apresentada no projeto básico foi de $0,46242 \times 37,312 = 17,25$ R\$ a hora, caso toda a iluminação esteja plenamente ligada.

Já na nova proposta o custo seria de $0,46242 \times 28,15 = 13,00$ R\$ a hora, caso toda a iluminação esteja plenamente ligada.

Isso resultaria em uma redução de R\$ 3.060 considerando uma iluminação intermitente e plena de todos os ambientes durante o período de um mês.

Lógico que os cálculos acima são ilustrativos, pois podemos economizar muito mais, pois empregaremos na nova proposta, a inserção de interruptores em grupo de 3 ou 4 luminárias, usando cada grupo de luminárias quando o local do ambiente a exija o uso da mesma.

CAPÍTULO IV - CONCLUSÃO

4 Conclusão.

O projeto de referência levou em consideração o uso de equipamentos clássicos de fácil acesso no comércio, oferecendo uma boa iluminação geral. O mesmo projeto não se ateve a detalhes na iluminação por se tratar de um Projeto Básico, definindo uma direção a ser encaminhada ao Projeto Executivo. Esta reavaliação da iluminação proporcionou em uma nova diretiva ao Projeto Básico, pois o emprego de materiais modernos a exemplo das lâmpadas fluorescentes e LEDs proporcionará uma grande economia ao longo do tempo. Já a avaliação mais detalhada da funcionalidade de cada ambiente aponta carências na iluminação, que podem ser contornadas com uma nova disposição das luminárias ou pelo emprego de uma iluminação auxiliar.

A apresentação detalhada das especificações dos equipamentos não implica no uso do mesmo no Projeto Executivo. Porém, a substituição dos equipamentos deve ser feita apenas por equipamentos que possuam características semelhantes, mantendo assim, a similaridade de um futuro projeto executivo a este estudo realizado.

Entretanto, este projeto adiciona ao projeto básico original, no qual participei, mais uma alternativa para elaboração do projeto executivo e não a exclusão da alternativa original.

Em anexo, encontram-se as plantas do projeto de iluminação original e a iluminação proposta e o projeto arquitetônico para efeito de comparação.

ANEXOS

I - Plantas arquitetônicas do prédio.

II - Plantas da proposta de iluminação.

REFERÊNCIAS

1. Gilberto José Corrêa da Costa, Iluminação Econômica, Cálculo e Avaliação – 3ª edição (Revista e Ampliada) – 2005 – Editora ADIPUCRS.
2. Vinícius de Araújo Moreira, Iluminação Elétrica – 1ª edição – 1999 – Editora Edgard Blücher Ltda.
3. Guia de Iluminação PHILIPS
4. OSRAM – <http://www.osram.com.br>
5. General Electric – <http://www.gelampadas.com.br>
6. PHILIPS – <http://www.luz.philips.com.br>