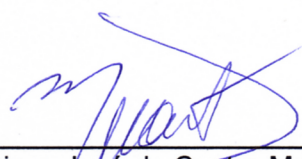


A ILUMINAÇÃO DE CENTROS DE CONTROLE

Raquel Malheiros Faraco

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

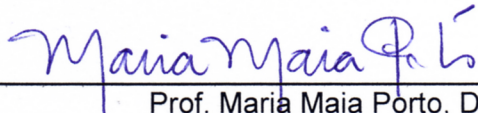
Aprovada por:



Prof. Francisco José de Castro Moura Duarte, D.Sc.



Prof. Ricardo Manfredi Naveiro, D.Sc.



Prof. Maria Maia Porto, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MAIO DE 2007

FARACO, RAQUEL MALHEIROS

A iluminação de centros de controle

XIII, 161 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc.,
Engenharia de Produção, 2007)

Dissertação - Universidade Federal do
Rio de Janeiro, COPPE

1. Projeto de iluminação

2. Centros de Controle

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

Agradeço:

Ao meu orientador Francisco Duarte,

À professora Maria Maia,

À colega de mestrado Carolina,

À consultora de Iluminação Mônica Rio Branco,

À CAPES e à FAPERJ pelas bolsas de estudos.

Dedico,

À minha família e aos meus amigos.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

A ILUMINAÇÃO DE CENTROS DE CONTROLE

Raquel Malheiros Faraco

Maio/2007

Orientador: Francisco José de Castro Moura Duarte

Programa: Engenharia de Produção

As atividades de trabalho com uso intenso de displays e o funcionamento em turnos tornam o projeto de iluminação dos centros de controle bastante exigente em termos qualitativos. Este estudo pretende caracterizar o desenvolvimento de um projeto luminotécnico e evidenciar o impacto do processo de projeto sobre a qualidade final da iluminação do ambiente, destacando a participação interativa do projetista de iluminação no desenvolvimento e na integração das disciplinas e o processo iterativo de projeto em suas etapas cíclicas de análise, solução e avaliação. O estudo de campo traz uma reflexão sobre a prática de projeto de iluminação de centro de controle, abordagem esta que permite produzir conhecimento a partir da prática profissional. O relato é validado por anotações do projetista, notas de reunião, desenhos, especificações e documentos técnicos. Este estudo enfoca de maneira especial o projeto de iluminação de uma sala de controle e de escritórios, ambientes do centro de controle onde a atividade de trabalho é mais exigente em relação à função visual e conseqüentemente à qualidade da iluminação. Os resultados apresentados fornecem apoio a projetos de iluminação em ambientes com atividades de trabalho de características semelhantes e contribuem para maximizar a qualidade da iluminação através de processos de projeto mais participativos e integrados.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

LIGHTING THE CONTROL CENTERS

Raquel Malheiros Faraco

May/2007

Advisor: Francisco José de Castro Moura Duarte

Department: Engineering of Production

Work activities organized in shifts and intensive use of displays make control centers lighting design very demanding in terms of quality. This study presents the development process of a lighting design project. The study aims to show the impact of the project process in lighting quality, particularly the interactive participation of the lighting designer in the development and integration of disciplines and on the iterative project process in its cyclical phases of analysis, solution and evaluation. The field research is a reflection on the practice of lighting projects, approach that makes possible the production of knowledge established on the professional practice. The description is validated by project notes, meeting minutes, drawings, specifications and technical documents. The focus of the study is the lighting project of a control center, especially the control room and the offices which environment are very demanding in terms of visual function and, as a result, in terms of lighting quality. The results presented provide support to lighting projects for environments with similar work activities and contributes to maximize the lighting quality by more participating and integrated project processes.

ÍNDICE DO TEXTO

1.	INTRODUÇÃO: O CENTRO DE CONTROLE	1
2.	ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ERGONOMIA E ILUMINAÇÃO	4
2.1.	FISIOLOGIA DA VISÃO E PRINCÍPIOS ERGONÔMICOS DA ILUMINAÇÃO ...	4
2.1.1.	SENSAÇÃO E PERCEPÇÃO VISUAL.....	5
2.1.2.	ADAPTAÇÃO VISUAL	5
2.1.3.	ACOMODAÇÃO VISUAL	6
2.1.4.	VERGÊNCIA E CONVERGÊNCIA.....	6
2.1.5.	PERCEPÇÃO DAS CORES.....	6
2.1.6.	CAMPO VISUAL	7
2.1.7.	LINHA DE VISÃO E MOVIMENTO DOS OLHOS.....	7
2.1.8.	ACUIDADE VISUAL.....	8
2.1.9.	FADIGA VISUAL	8
2.2.	ERGONOMIA DE CONCEPÇÃO E PROCESSO DE PROJETO.....	9
3.	O PROCESSO DE PROJETO	13
4.	PREMISSAS PARA A ILUMINAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE	25
4.1.	ARQUITETURA, LAYOUT E ESTAÇÕES DE TRABALHO	29
4.2.	TRABALHO NOTURNO E EM TURNOS	35
4.3.	OS DISPLAYS	37
4.4.	ILUMINAÇÃO.....	40
4.4.1.	Níveis de iluminância	40
4.4.2.	Qualidade da iluminação.....	44
4.4.3.	Seleção das fontes de luz	49
4.4.3.1.	Luz natural.....	49
4.4.3.2.	Luz artificial.....	51
4.4.4.	Seleção de luminárias.....	52
4.4.5.	Distribuição das luminárias e zoneamento da iluminação	57
4.4.6.	Controle da iluminação.....	60
4.4.7.	Ferramentas de cálculo.....	60
4.4.8.	Manutenção.....	61
5.	METODOLOGIA DE PESQUISA	62
6.	ESTUDO DE CAMPO	67
6.1.	O PROJETO DE ILUMINAÇÃO DA SALA DE CONTROLE.....	67
6.1.1.	LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS:.....	67
6.1.1.1.	ANÁLISE DAS INSTALAÇÕES ATUAIS:.....	67
6.1.1.2.	OBSERVAÇÃO DE SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA:.....	72

6.1.1.3.	PESQUISA DE NORMAS E RECOMENDAÇÕES:.....	74
6.1.1.4.	O NOVO ESPAÇO E O PROGRAMA DA SALA DE CONTROLE	76
6.1.1.5.	O ACOMPANHAMENTO DO ESTUDO DE LAYOUT	78
6.1.1.6.	AS POSSIBILIDADES E OS LIMITANTES INICIAIS:	79
6.1.1.6.1.	Decorrentes do cronograma:	79
6.1.1.6.2.	Decorrentes do espaço e do programa:.....	79
6.1.1.6.3.	Decorrentes do mercado:.....	81
6.1.2.	ESTUDO PRELIMINAR:	81
6.1.3.	ANTEPROJETO:.....	86
6.1.4.	PRÉ-EXECUTIVO (OU PROJETO BÁSICO):.....	88
6.2.	O PROJETO DE ILUMINAÇÃO DOS ESCRITÓRIOS	94
6.2.1.	LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS:.....	94
6.2.1.1.	OBSERVAÇÃO DAS INSTALAÇÕES ATUAIS:.....	94
6.2.1.2.	PESQUISA DE NORMAS E RECOMENDAÇÕES.....	96
6.2.1.3.	O NOVO ESPAÇO E O PROGRAMA DOS ESCRITÓRIOS:.....	96
6.2.1.4.	O ACOMPANHAMENTO DO ESTUDO DE LAYOUT	97
6.2.1.5.	AS POSSIBILIDADES E OS LIMITANTES INICIAIS:	98
6.2.1.5.1.	Decorrentes do cronograma	98
6.2.1.5.2.	Decorrentes do espaço e do programa:.....	99
6.2.1.5.3.	Decorrentes do mercado:.....	99
6.2.2.	ESTUDO PRELIMINAR:	99
6.2.3.	ANTEPROJETO.....	102
6.2.4.	PRÉ-EXECUTIVO (OU PROJETO BÁSICO):.....	103
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	113
	ANEXO 1	115
	ANEXO 2	118
	ANEXO 3	121
	ANEXO 4	123
	ANEXO 5	131
	ANEXO 6	133
	ANEXO 7	136
	ANEXO 8	138
	ANEXO 9	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Minimizar os custos e maximizar o valor (Fonte: JACKSON, 2003).	14
Figura 2 – Processo de projeto de edificações.....	15
Figura 3 – O projeto é um processo iterativo (Fonte: JACKSON, 2003; tradução do autor).	16
Figura 4 – Organograma situando a iluminação numa equipe de projeto de edificações. A direção das setas indica a quem se reportam os membros da equipe. As linhas tracejadas indicam possíveis alternativas (Fonte: STEFFY, 2001; tradução do autor).	16
Figura 5 – Etapas e escopo do projeto de iluminação de acordo com STEFFY (2001)	17
Figura 6 – Processo cíclico do projeto de iluminação	18
Figura 7 – Processo do projeto de iluminação	19
Figura 8 – Diferentes conceitos podem satisfazer os mesmo objetivos.....	21
Figura 9 – Detalhes de coordenação entre iluminação, instalações, forro e estruturas	22
Figura 10 – Detalhes de execução (EGAN, 2001).	24
Figura 11 – No escritório tradicional, a tarefa em papel direcionava o olhar para o plano de trabalho. No escritório informatizado, a tela do monitor eleva o olhar colocando grande parte do ambiente dentro do seu campo de visão.....	25
Figura 12 - No escritório informatizado, o uso do monitor e a necessária elevação do olhar fazem com que boa parte do ambiente esteja na área de visão periférica do trabalhador (baseado em GORDON, 1995).	27
Figura 13 – principais fatores envolvidos no projeto de iluminação de centros de controle (Fonte: ISO11064-6, 2005; tradução do autor).....	28
Figura 14 – principais fatores envolvidos no projeto de iluminação de centros de controle (Adaptado da ISO11064-6, 2005).....	29
Figura 15 – Equipamentos associados à sala de controle	30
Figura 16 – Dimensões verticais da sala de controle (Fonte: ISO 11064-3, 1999).	33
Figura 17 – Refletâncias recomendadas para acabamentos e mobiliário de escritórios (Fonte, IESNA, 2000; tradução do autor).	34
Figura 18 – Tipos mais tradicionais de displays:	37
Figura 19 – displays incorporados à estação de trabalho de salas de controle: à esquerda consoles tradicionais com monitores CRT; à direita consoles mais modernos com monitores LCD.....	38
Figura 20 – Display de uso comum do tipo <i>video wall</i>	38
Figura 21 – Relação entre características da iluminação e impressões subjetivas	40

Figura 22 - Métodos para prevenção do ofuscamento por reflexão.	45
Figura 23 – Geometria tarefa em displays na estação de trabalho/olho na sala de controle. (Fonte: catálogo de fabricante).....	48
Figura 24 – Geometria tarefa em display de uso comum/olho na sala de controle.....	49
Figura 25 – Componentes da luz natural (Fonte, IESNA, 2000; tradução do autor). ...	50
Figura 26 – Classificação das luminárias quanto à distribuição da luz.	52
Figura 27 – Aletas parabólicas (Fonte: GANSLANDT, 1992).....	53
Figura 28 – Ângulo de <i>cut-off</i> da luminária (ilustração do autor).....	53
Figura 29 – Limites de luminâncias nos ângulos entre 55 e 75 graus com a normal à luminária (Fonte: REA, 1991).....	54
Figura 30 – diferentes luminárias e suas curvas fotométricas: representação da intensidade luminosa e ângulos de sombreamento resultantes da sua geometria	55
Figura 31 – Sistema de Curvas de luminâncias - a curva 1 representa os valores das luminâncias. Os limites variam de acordo com a iluminância média, indicada na tabela acima. A área escurecida do diagrama representa os limites de luminância de uma luminária categoria A para iluminância de 500lux.	56
Figura 32 – Proporção de luminâncias recomendadas para interior de escritórios (Fonte, IESNA, 2000; tradução do autor).....	59
Figura 33 – Planta de situação do edifício.....	68
Figura 34 – Planta das salas de controle existentes.	68
Figura 35 – Salas de controle existentes:.....	69
Figura 36 – Estação de trabalho: console com 6 <i>displays</i>	69
Figura 37 – <i>Displays</i> com reflexões no campo visual do operador.	70
Figura 38 – A esquerda detalhe da grelha plástica duplo parabólica das luminárias. A direita detalhe da grelha plástica invertida.	71
Figura 39 – Imagem da luminária existente e sua curva fotométrica em cd/1000lm....	71
Figura 40 – Situação de referência.....	72
Figura 41 – Iluminação da situação de referência observada: distribuição pouco uniforme das luminâncias nas superfícies; materiais de refletância baixa; fortes sombras nos planos verticais junto ao teto provocadas por luminárias e reflexos no <i>video wall</i>	73
Figura 42 – Detalhes do console da situação de referência.....	74
Figura 43 – Imagem das fachadas externas do novo centro de controle.....	76
Figura 44 – Planta do novo espaço (dimensões aproximadas: 25,90 x 11,10m, com 3 colunas em estruturais dentro do ambiente).	77

Figura 45 – Corte transversal do novo espaço (pé direito duplo em osso = 6,37m). A marquise avança 7.05m sobre a fachada sudeste com uma altura de 6.35 entre sua face inferior e o piso interno em osso.....	77
Figura 46 – estudo de layout aprovado para a sala de controle.....	79
Figura 47 – uma das primeiras simulações em <i>Lumem Micro</i> , com luminária para duas lâmpadas de 36W (LUMINI FE4594/236) – 40 luminárias no PD duplo – para estudo da distribuição das iluminâncias. Iluminamento médio = 510 lux (imagem ampliada no Anexo 4).....	82
Figura 48 – simulação em <i>Lumem Micro</i> , com luminária para quatro lâmpadas de 14W (LUMINI FE4594/414) – 40 luminárias no PD duplo – para estudo da distribuição das iluminâncias. Iluminamento médio = 609 lux (imagem ampliada no Anexo 4).	82
Figura 49 – simulação no programa Lumen Micro da distribuição luminárias adotada e respectiva distribuição de iluminâncias – 28 luminárias no PD duplo – tendo em vista a utilização de luminárias embutidas LUMINI FE4594/236 com aletas parabólicas foscas para duas lâmpadas de 36W (Simulação desenvolvida pela consultoria em iluminação. Imagem ampliada no Anexo 4.).....	84
Figura 50 – primeira versão da planta de teto refletido.	85
Figura 51 – imagem da luminária utilizada para iluminação geral no estudo preliminar da sala de controle, com aletas parabólicas foscas e duas lâmpadas de 36W (LUMINI FE4594/236) e respectiva curva fotométrica.	85
Figura 52 – notas de revisão da iluminação da sala de controle.....	86
Figura 53 – corte da passarela de visualização em croqui, com solução integrada para sanca da sala de controle e insuflamento do ar condicionado da passarela.	86
Figura 54 – composição adotada para os monitores no console.	87
Figura 55 – planta de layout final da sala de controle.	88
Figura 56 – Vistas interna finais da sala de controle. No canto inferior esquerdo a vista do pele de vidro da passarela.	89
Figura 57 – imagem da maquete eletrônica da sala de controle.....	89
Figura 58 – renderização em Lumen Micro, apresentada pela consultoria em iluminação com a utilização de luminária de fecho fechado com lâmpada fluorescente compacta de 32W.	90
Figura 59 – luminária de fecho fechado para 2 lâmpadas fluorescentes compactas de 32W (LUMINI 4039/232) ou de 42W (LUMINI 4039/242). Esta segunda possui vida mais longa, diminuindo a periodicidade da manutenção.	91
Figura 60 – a curva de isolux a esquerda corresponde à luminária para 2 lâmpadas de 32W e a da direita para 2 lâmpadas de 42W. A comparação das curvas mostra	

que a segunda luminária apresenta curvas isolux transversal e longitudinal mais semelhantes e formato asa de morcego mais pronunciado, o que deve resultar em iluminação horizontal mais uniforme.....	91
Figura 61 – distribuição das iluminâncias resultante das novas luminárias no plano vertical da parede onde será instalado o <i>video wall</i> (desenvolvida pela consultoria em iluminação; Imagem ampliada no Anexo 4)	92
Figura 62 – distribuição das iluminâncias resultante das novas luminárias no plano horizontal de trabalho (desenvolvida pela consultoria em iluminação; imagem ampliada no Anexo 4).....	92
Figura 63 – instalações atuais do escritório do centro de controle, no 8º andar do edifício sede da empresa.	94
Figura 64 – planta da área disponível para instalação dos escritórios do centro de controle.....	96
Figura 65 – corte vertical do mezanino disponível para instalação dos escritórios do centro de controle.....	97
Figura 66 – estudo layout dos escritórios para o espaço inicial.	98
Figura 67 – estudo layout dos escritórios para o espaço ampliado.....	98
Figura 68 – imagem da luminária sugerida para iluminação geral do escritório no estudo preliminar, altura = 9cm com aletas parabólicas para 4 lâmpadas T5 fluorescentes de 14W (LUMINI FE1770/414) e respectiva curva fotométrica.....	100
Figura 69 – planta com distribuição regular das luminárias no escritório panorâmico. A circulação com PD-2.20m e o escritório com PD=2.44m.....	100
Figura 70 – simulação da distribuição de iluminância no escritório (imagem reduzida) e na sua parte mais ampla (imagem ampliada), com distribuição regular das luminárias.	101
Figura 71 – Croqui do corte vertical entre escritórios e respectiva circulação.	101
Figura 72 – imagem da luminária sugerida para iluminação da circulação do escritório no estudo preliminar, altura = 14.3cm com louver duplo parabólico fosco para 2 lâmpadas fluorescentes compactas de 26W (LUMINI E4033/226LR) e respectiva curva fotométrica.....	102
Figura 73 – planta com distribuição regular das luminárias no escritório panorâmico. A circulação com PD-2.17m e o escritório com PD=2.41m.....	102
Figura 74 - layout final dos escritórios.....	103
Figura 75 – maquete eletrônica com <i>layout</i> final dos escritórios.....	103
Figura 76 – planta final com distribuição irregular das luminárias no escritório panorâmico. A circulação com PD-2.17m e o escritório com PD=2.41m.....	104
Figura 77 – Planta aero já com indicação do norte verdadeiro.	118

Figura 78 – Insolação à que estão expostas as fachadas.....	119
Figura 79 – Insolação das fachadas em relação ao layout existente no 8º pavimento.	119
Figura 80 – Carta solar utilizada para determinação do norte geral e estudo da insolação das fachadas - latitude do Rio de Janeiro = 22.53º (Fonte: software Luz do Sol versão 1.1). Esta carta permitiu obter a direção do norte solar 64º no sentido anti-horário a partir da fachada do acesso principal. No entanto, a posição do sol em relação a fachada e as sombras resultantes das edificações do entorno fazem deste um resultado bastante aproximado, e com diferença substancial em relação ao obtido pela declinação magnética como ser mostrado a seguir.....	120
Figura 81 – Declinação Magnética – posição do norte geral em relação ao norte magnético (Fonte: software declinacao_versao2.0.4). Com a posição do norte magnético definida pelo levantamento aerofotogramétrico obtido na prefeitura, este cálculo resulta na posição do norte geral 49º no sentido anti-horário da fachada da entrada principal do prédio. Este resultado apresenta uma diferença de 15º em relação ao resultado obtido pela carta solar.	120
Figura 82 – layout sala de controle – opção 1.....	121
Figura 83 – layout sala de controle – opção 2.....	121
Figura 84 – layout sala de controle – opção 3.....	122

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Iluminâncias recomendadas de acordo com as características das atividades do escritório (Fonte: STEFFY, 1995)	43
Tabela 2 - Critérios de projeto relativos à qualidade da iluminação em ambientes com uso de displays (Fonte: IESNA, 2000).	47
Tabela 3 - Limites de intensidade luminosa nos ângulos entre 50 e 90 graus com a normal à luminária (Fonte: BERNECKER, 2006)	55
Tabela 4 - Cronograma geral do projeto.....	65

1. INTRODUÇÃO: O CENTRO DE CONTROLE

Originados no parque das indústrias de processo contínuo, alguns centros de controle ocupam hoje áreas junto aos escritórios centrais de suas empresas. É o caso dos centros de controle de sistemas interligados, onde a ação é telecomandada, como no suprimento de energia elétrica, nos dutos de transporte de petróleo e derivados ou os centros de controle de sistemas de informática, presentes em instituições de serviços como, por exemplo, nas instituições judiciárias. Estes centros englobam, além da sala de controle propriamente dita, seus escritórios coletivos e individuais, salas de apoio e serviços e áreas técnicas destinadas a equipamentos.

A iluminação das atividades de trabalho dos centros de controle é o objeto de estudo desta dissertação que pretende caracterizar o desenvolvimento de um projeto luminotécnico e, mais especificamente, evidenciar que as características de interatividade e iteratividade do processo de projeto apresentam impactos sobre a qualidade final da iluminação do ambiente. Por qualidade da iluminação entenda-se não apenas a quantidade adequada de luz no ambiente. A qualidade da luz pressupõe a eliminação e/ou o controle dos defeitos de iluminação passíveis de comprometer o conforto visual deste ambiente tais como fortes contrastes, sombras marcantes e intensidade de brilho que podem resultar em ofuscamento e reflexões. Além disso, num sentido mais amplo, a qualidade da luz, envolve também a sensação de bem estar proporcionada pelo ambiente visual. Por sua vez, a interatividade se refere à necessária integração de disciplinas que um projeto pressupõe entre arquitetura e complementares: interiores, estruturas, elétrica, ar condicionado, acústica, mobiliário, displays, programação visual, etc. Por outro lado, a iteratividade se refere à qualidade repetitiva deste processo não linear que envolve sucessivas etapas de análise/solução/avaliação. Este trabalho pretende fornecer ainda apoio a projetistas e ergonomistas em projetos de iluminação para ambientes de trabalho com uso intenso de displays como ferramenta para identificar problemas luminotécnicos e propor sistemas de iluminação fundamentados na tecnologia de iluminação mais recente.

Diferentemente da iluminação industrial, a iluminação do centro de controle é bem mais exigente. Duas características das atividades dos centros de controle estão intimamente relacionadas à qualidade da iluminação e não apenas à quantidade de luz nos postos de trabalho: o funcionamento ininterrupto e o emprego crescente de displays auto-iluminados (BOYCE, 2003). A organização do trabalho em turnos e a necessidade de operadores trabalhando durante a noite exigem um ambiente visual

confortável que colabore para o bem estar e o nível de atenção dos operadores, dos quais dependem operações muitas vezes de grande risco. Por outro lado, o emprego crescente de *displays* auto-iluminados, tanto na forma de monitores de vídeo como na forma de *video walls*¹, exige que sejam eliminadas, ou ao menos minimizadas, as possíveis fontes de ofuscamento e reflexão. Investimentos no projeto de iluminação destes centros de controle – com a utilização de sistemas informatizados de cálculo e simulação lumínica e especificação de equipamentos de iluminação sofisticados – se justificam pelos grandes prejuízos que podem decorrer de um acidente industrial, não apenas em termos financeiros mas também na perda de vidas humanas. O projeto de iluminação, no entanto, não se restringe à especificação, quantificação e locação de luminárias visto que a qualidade da luz, essencial ao ambiente do centro de controle, está relacionada a uma série de outras características do ambiente que não a quantidade de luz e a fonte luminosa propriamente dita.

Por outro lado, as mudanças sofridas por estes espaços de trabalho ao longo dos últimos anos, diante de novas demandas relativas à informatização, à globalização, à sustentabilidade, e a uma nova compreensão em torno da relação entre o espaço de trabalho e a produtividade do trabalhador, levam à necessidade de maior reflexão sobre o processo de projeto destes ambientes. É fundamental que a participação das especialidades envolvidas, inclusive a iluminação, tenha como ponto de partida o conhecimento das atividades de trabalho e do contexto em que estão inseridas, e se desenvolva de forma interativa ao longo de todo processo para que o ambiente construído resultante venha atender adequadamente às necessidades reais.

No segundo capítulo desta dissertação são apresentadas, a partir de revisão bibliográfica, as possibilidades de contribuição da Engenharia de Produção, e particularmente da Ergonomia, para a iluminação de ambientes de trabalho. No terceiro capítulo desenvolve-se a observação do problema do processo de projeto de iluminação. No quarto capítulo são caracterizadas as premissas de projeto na iluminação nos ambientes com uso intenso de *displays* e, mais especificamente, nos centros de controle. No quinto capítulo está descrita a metodologia empregada no estudo de caso, baseada na reflexão sobre um projeto de iluminação de centro de controle. Segue-se, no sexto capítulo, a apresentação do estudo de caso com a observação da relação entre o processo de projeto e a qualidade da iluminação e reflexão sobre a necessidade da integração das diferentes disciplinas no processo de

¹ *Video walls* são *displays* de uso comum instalados na parede reunindo informações pertinentes às atividades de um grupo de operadores (ver Figura 20).

projeto para garantir a qualidade da iluminação. No sétimo capítulo são apresentadas as considerações finais desta pesquisa.

O estudo de caso traz uma reflexão sobre o projeto de iluminação do centro de controle de dutos de uma empresa nacional de transporte de derivados do petróleo, no qual a autora participou como projetista entre junho e setembro de 2006. O centro de controle original ocupa, ainda hoje, o 8º andar do edifício sede da empresa no Rio de Janeiro. O projeto de reforma transfere o centro de controle para os pavimentos subsolo, térreo e mezanino, resultando em grande mudança no ambiente de trabalho. O projeto de iluminação incluiu todo o conjunto do centro de controle: a sala de controle propriamente dita, os escritórios (as salas dos coordenadores de turno, o escritório panorâmico, as salas dos coordenadores de equipe), as salas de apoio e serviços (a sala de simulação, a sala de treinamento, as salas de reunião, a sala de aprovação de projetos, a sala de visitas, o hall de acesso, a sala das secretárias, a copa, o refeitório, os sanitários e os vestiários) e as salas de equipamentos. Este estudo de campo enfocará, de forma especial, o projeto de iluminação da sala de controle e dos escritórios, áreas do projeto em que a atividade de trabalho é mais exigente em relação à função visual e conseqüentemente à qualidade da iluminação.

2. ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ERGONOMIA E ILUMINAÇÃO

A Engenharia de Produção tem seu objeto no processo produtivo. Seu escopo inclui o projeto e viabilização de produtos e sistemas produtivos integrados de bens e serviços, envolvendo homens, materiais, tecnologia, informação e energia. Para tanto, não apenas se utiliza de conhecimentos científicos e tecnológicos mas integra fatores de naturezas diversas para realizar a interface entre técnica e sociedade, recorrendo não apenas à Engenharia mas também a conhecimentos de áreas humanas e sociais.

De forma especial, através da Ergonomia, a Engenharia de Produção tem as ferramentas necessárias para repensar o ambiente de trabalho. De um lado, através do estudo da fisiologia da visão e da percepção visual, a Ergonomia estabelece princípios básicos para que a iluminação de espaços de trabalho possa de fato atender a maioria da população. Por outro lado, através do estudo da lógica social, individual e coletiva, e do estudo da lógica da produção (nos seus aspectos financeiros, técnicos e organizacionais), a Ergonomia colabora na construção de um ambiente mais adequado à atividade humana, especialmente no que tange à modernização tecnológica de ambientes já existentes e à concepção de novos espaços de trabalho.

2.1. FISILOGIA DA VISÃO E PRINCÍPIOS ERGONÔMICOS DA ILUMINAÇÃO

Para BRIDGER (2003), o primeiro passo num projeto é caracterizar a população de usuários para então acomodar a maior quantidade possível deles – usualmente 90%: “Em ergonomia, a palavra população é usada no sentido estatístico. Para fins de projeto, o critério que define o que constitui uma população é funcional e está relacionado diretamente à questão em foco”² (BRIDGER, 2005).

Daí a necessidade de, partindo da fisiologia da visão, identificar-se as possíveis variações inter-individuais e intra-individuais que estejam relacionadas ao projeto de iluminação. DANIELLOU (1986) considera que as diferenças inter-individuais do aparelho visual são particularmente significativas no que concerne ao projeto de dispositivos do um centro de controle e, em consequência, à sua iluminação.

² Tradução do autor.

2.1.1. SENSAÇÃO E PERCEPÇÃO VISUAL

Quando os olhos estão abertos, a luz passa através da pupila, cuja abertura pode variar, controlando a luminosidade que penetra no olho, maior na penumbra e menor no sol forte. Atrás da pupila está o cristalino, que funciona como uma lente cujo foco é ajustado pela musculatura ciliar que altera sua curvatura. Na retina, situada no fundo do olho, estão as células fotossensíveis, que transformam os estímulos luminosos em impulsos nervosos que são transmitidos ao cérebro pelo nervo ótico onde é produzida a sensação visual (IIDA, 2005).

A percepção visual se dá pela integração dos impulsos da retina com o cérebro (KROEMER & GRANDJEAN, 2005): “A percepção em si não fornece a imagem precisa do mundo exterior: nossas impressões são modificações subjetivas do que é reportado pelo olho.” HOPKINSON & KAY (1969) já salientavam que a interpretação visual depende não apenas da nossa capacidade visual mas também da nossa experiência, nossa história pessoal. A inteligência se utiliza de experiências acumuladas para decodificar a imagem de maneira muito particular para cada indivíduo. Segundo BAKER, FANCHIOTTI & STEEMERS (1998), apenas 1/5 da informação visual vem da retina. As cores e formas dos objetos que vemos são determinadas não apenas pelas características da luz que recebemos destes objetos. As diferenças individuais influenciam fortemente a percepção. Não vemos todos o mesmo espaço e as mesmas cores do mundo exterior. Cada um vê seu próprio campo de visão e espaço cromático.

2.1.2. ADAPTAÇÃO VISUAL

A adaptação visual é o processo pelo qual o olho se adapta a mudanças de luminosidade.

Na adaptação à claridade há uma redução da sensibilidade em toda a retina que dura um a dois minutos. “Em termos fisiológicos, o ofuscamento é uma sobrecarga dos processos de adaptação do olho que ocorre pela superexposição da retina à luz.” (KROEMER & GRANDJEAN, 2005). Na adaptação à luz há uma redução abrupta na sensibilidade visual. É o que acontece quando a imagem de uma superfície mais clara – como uma janela, uma fonte de luz ou um reflexo – está presente no campo de visão de uma tarefa de precisão ou leitura.

A adaptação à penumbra, por outro lado, é um processo mais lento, podendo durar cerca de trinta minutos.

2.1.3. ACOMODAÇÃO VISUAL

A acomodação visual é o processo pelo qual o olho focaliza objetos a várias distâncias através da mudança da forma do cristalino pela ação dos músculos ciliares. É necessário maior esforço para focalizar objetos mais próximos.

Com a idade, há uma redução na capacidade de acomodação e a distância mínima de leitura aumenta (DANIELLOU, 1986). Esta baixa capacidade de acomodação é denominada presbiopia ou vista cansada.

2.1.4. VERGÊNCIA E CONVERGÊNCIA

Ao focalizar um objeto até uma distância de 10 cm, os dois olhos se movem coordenadamente, formando duas imagens de ângulos ligeiramente diferentes que são integradas no cérebro. Esta convergência dos olhos é que nos dá a capacidade de perceber a distância e a profundidade dos objetos.

De acordo com DANIELLOU (1986), desequilíbrios na musculatura dos olhos podem prejudicar o processo de convergência, resultando em fadiga visual ou mesmo em visão dupla. “Dificuldades relativas à visão binocular são especialmente importantes quando a atividade de trabalho obriga a focalizar tarefas precisas por longos períodos”³. No entanto, não são facilmente detectáveis.

2.1.5. PERCEPÇÃO DAS CORES

O olho humano é sensível à radiações eletromagnéticas entre 400 e 750 nanômetros⁴. No entanto sua sensibilidade não é uniforme para todos os comprimentos de onda deste intervalo e varia dependendo do olho estar adaptado ao claro ou ao escuro. A percepção da cor está relacionada aos comprimentos de onda refletidos pelos objetos onde incide a luz. Uma superfície é vermelha quando absorve todos os demais comprimentos de onda e só reflete o vermelho.

³ Tradução do autor.

⁴ 1 nanômetro = 10^{-9} metros

Entre os diversos tipos de dificuldades em distinguir cores, a mais comum é a confusão entre o verde e o vermelho, que afeta 0,5% das mulheres e 8% dos homens (DANIELLOU, 1986). A confusão de cores pode gerar uma série de dificuldades nas tarefas visuais. Por esse motivo, ATTWOOD (2004) considera que a cor deve sempre ser usada como um método adicional de codificação não como método primário.

2.1.6. CAMPO VISUAL

Segundo KROEMER & GRANDJEAN (2005), o campo visual é definido como o que pode ser visto quando cabeça e olhos são mantidos fixos e pode ser dividido em três áreas:

- Área de visão nítida: cone visual de 1° na direção da linha de visão
- Campo de visão média: cone visual de 40° na direção da linha de visão
- Campo de visão externa: cone visual de 40°/70° na direção da linha de visão

Objetos no campo médio de visão precisam de movimentos e maior contraste para ser percebidos mais claramente. ATTWOOD (2004) ressalta que é colocar os objetos de trabalho que precisam ser vistos claramente em nossa área de visão ótima.

2.1.7. LINHA DE VISÃO E MOVIMENTO DOS OLHOS

Quando o indivíduo está com a cabeça ereta a direção preferencial do olhar é a sua frente para objetos distantes e vai se inclinando para baixo na medida em que o objeto se aproxima. No entanto, existe uma variação inter-individual muito grande do melhor ângulo de visão. Por outro lado, a direção do olhar entre 0° e 15° abaixo da horizontal é aplicável apenas se a cabeça é mantida ereta e quando se observa objetos distantes (KROEMER & GRANDJEAN, 2005).

Movimentos de olhar entre 15° acima e abaixo da linha de visão ainda são confortáveis, o que significa que as tarefas visuais devem ocorrer em um cone de 30° em torno da linha principal de visão, acomodando à condição de repouso do olho e evitando a fadiga visual. O estado de alerta está relacionado à movimentação rápida do olhar de um objeto para o outro (KROEMER & GRANDJEAN, 2005).

2.1.8. ACUIDADE VISUAL

Acuidade visual é “a capacidade de se detectar pequenos detalhes e discriminar pequenos objetos”. KROEMER & GRANDJEAN (2005) citam ainda algumas características da acuidade visual relacionadas à iluminação. A] acuidade aumenta com o nível de iluminamento, aumenta com o contraste, é maior em fundo claro do que em fundo escuro e é reduzida com a idade. No que diz respeito ao nível de iluminamento, no entanto, ATTWOOD (2004) ressalta que a acuidade visual aumenta até certo ponto: “níveis de iluminamento altos não são sempre desejáveis uma vez que podem contribuir para o ofuscamento, perda de clareza da informação e cegueira temporária. Mesmo porque, o iluminamento necessário depende da tarefa a ser executada.” ATTWOOD acrescenta também que a acuidade diminui com o movimento do alvo pois o tempo de exposição é afetado.

Diferenças inter-individuais relacionadas ao formato do olho – se a córnea é mais redonda ou achatada, se o globo ocular é mais longo ou curto ou ainda diferenças de esfericidade - podem resultar nos problemas de visão denominados miopia, hipermetropia e astigmatismo que impedem a focalização adequada de objetos e cenas.

2.1.9. FADIGA VISUAL

De acordo com KROEMER & GRANDJEAN (2005), a fadiga visual compreende todos os sintomas relacionados ao estresse excessivo da função visual em especial o cansaço dos músculos ciliares da acomodação por excessiva visão de perto e a exposição a contrastes excessivos. Geralmente se relaciona a trabalhos de maior precisão, leitura de textos impressos de má qualidade, telas de computador com baixa definição, iluminação inadequada, exposição à tremulação de fontes de luz ou a anomalias óticas do próprio indivíduo.

DANIELLOU (1986) distingue três tipos de sintomas de fadiga visual: “os que concernem à cavidade do olho em si (vermelhidão, lacrimejamento, tiques nas pálpebras), os relacionados à função visual (dificuldade de visão, visão dupla) e sintomas mais gerais (dor de cabeça)”. Acrescenta ainda que, em certas situações de trabalho, a fadiga visual acumulada numa jornada não é recuperada inteiramente

numa única noite de sono. DANIELLOU (1986) enumera fatores suscetíveis de favorecer a fadiga visual no trabalho:

“a necessidade de fixar longamente em visão próxima um ponto fixo, em particular quando este envolve identificação e compreensão difícil; as trocas freqüentes de distância de acomodação; a distinção de detalhes em zonas mal iluminadas; a distinção e detalhes precisos; a passagem freqüente de uma zona mal iluminada para outra iluminada excessivamente e o inverso.”⁵

2.2. ERGONOMIA DE CONCEPÇÃO E PROCESSO DE PROJETO

Habitualmente na engenharia de produção o projeto de concepção supõe que o trabalho futuro é um reflexo fiel das tarefas definidas nos procedimentos (DANIELLOU, 2001). No entanto, “sempre existem numerosas fontes de variabilidade que conduzem a distanciamentos em relação às situações previstas”. Ainda segundo DANIELLOU, a presença da ergonomia no processo de concepção permite que “as decisões sejam guiadas por uma reflexão sobre o trabalho futuro”, considerando não apenas as características normais de trabalho, mas também o conjunto de variabilidades possíveis e características desta situação única.

De acordo com GUÉRIN (1997), é importante que as diferentes lógicas da empresa que envolvem o projeto de escritórios sejam identificadas e compreendidas na fase inicial do projeto: a lógica social, referente aos indivíduos e ao coletivo, funcionários, dirigentes e clientes da empresa; e a lógica da produção, referente aos aspectos financeiros, técnicos ou organizacionais que caracterizam a empresa. Num levantamento inicial de dados, a coleta de informações acerca do funcionamento da empresa, dos diferentes pontos de vista envolvidos, da população de trabalhadores e das características das atividades permitirá identificar as principais demandas do projeto. GUÉRIN (1997) utiliza uma situação referente a problemas de reflexos em monitores como exemplo. No escritório em questão foi identificado ofuscamento resultante da iluminação do ambiente e da qualidade do equipamento. GUÉRIN defende que não é suficiente repensar o projeto de iluminação e a distribuição dos monitores, ou a concepção das telas e a especificação dos equipamentos. GUÉRIN considera que é preciso formular o ponto de vista da atividade de trabalho: a forma como os operadores realizam sua atividade; o ritmo de trabalho; a freqüência de utilização de documentos em papel; etc. Sem o conhecimento do ponto de vista da

⁵ Tradução do autor

atividade corre-se o risco de desenvolver um projeto que corrija os problemas de ofuscamento mas pouco adequado as reais necessidades da situação de trabalho.

A análise de situações de referência é uma importante ferramenta usada para a caracterização da atividade de trabalho. Segundo DANIELLOU (2001), “num caso de modernização ou de reconstrução de uma unidade de produção existente, a primeira situação de referência é a própria unidade” em uso. Outras situações de referência podem ser consideradas pelas suas características comuns com a construção da atividade futura: “unidades de produção que utilizem tecnologias semelhantes àquela que se deseja implantar”, por exemplo.

Outra questão importante acerca das atividades de trabalho que devem ser consideradas desde a etapa inicial de projeto são as variabilidades intra-individuais e inter-individuais: “a mesma tarefa desempenhada por pessoas com diferentes características não vai resultar na mesma atividade”⁶ (DANIELLOU, 2005). O mesmo acontece com a atividade desempenhada pela mesma pessoa em momentos diferentes. Neste sentido, é significativa a influência das características da população que vai trabalhar no ambiente que está sendo projetado.

“Não se trata apenas de convocar operadores a se exprimirem sobre o que eles desejariam para as futuras unidades de produção ou a emitirem opiniões e críticas sobre as proposições dos engenheiros de projeto”, embora isso possa significar algum avanço (DUARTE, 2001).

Conforme recomendado por SHÖN (1983), o processo de projeto é um diálogo com a situação a partir do qual são determinadas as estratégias de ação. A prática reflexiva descrita por SHÖN (1983) permite uma melhor construção do problema nas suas especificidades e incertezas, e uma análise crítica dos modelos pré-estabelecidos e conhecimentos tácitos provenientes de experiências repetitivas. DANIELLOU (1994) acrescenta que “quando é possível influenciar o gerenciamento do projeto para que ele permita uma negociação das diferentes restrições” a ergonomia pode contribuir para tornar claras as escolhas que estruturam o projeto. Ainda segundo DANIELLOU (1994), “o modelo de SHON sobre a atividade daqueles que lidam com a prática de suas profissões se aplica perfeitamente à atividade dos atores envolvidos na concepção”.

⁶ Tradução do autor.

“Muito frequentemente, decisões de investimento são tomadas sem um bom conhecimento da variabilidade que realmente existe” na atividade de trabalho, o que pode conduzir ao insucesso da inovação (DANIELLOU, 2001). Segundo BOUTINET (2002), a partir da análise da situação e identificação das suas necessidades, particularidades e possibilidades, são definidas as estratégias que serão utilizadas na elaboração da solução de projeto. BOUTINET sugere ainda que a introdução de inovações no projeto deva seguir algumas premissas básicas: (1) integrar concepção e execução, tendo sempre em vista o projeto possível; (2) buscar uma resposta inédita para a singularidade da situação; (3) ter em vista a complexidade e incerteza do problema; (4) observar as oportunidades (BOUTINET, 2002). A partir da identificação das oportunidades de introdução de mudança o projetista vai definir suas estratégias e construir sua proposta para então confrontá-la com diversos atores do processo (DESCHAMPS, 1995).

Entenda-se como introdução de inovação num projeto de iluminação, por exemplo, o emprego de equipamentos de tecnologia mais sofisticada que ainda não sejam utilizados no ambiente existente de trabalho que eventualmente possam ter sido fruto de análise no projeto de referência, como o emprego de controles de iluminação automatizados ou a adoção de luminárias de tarefa com controle individual. As mudanças resultantes na atividade de trabalho e os investimentos elevados não se justificam se estas soluções não estiverem balizadas por necessidades reais de operação.

DANIELOU (2001) defende que na medida em que é construído o processo de concepção do projeto, “é possível ir introduzindo simulações que permitam prever as principais características do trabalho futuro”. Três condições seriam necessárias para realizar uma simulação: um levantamento das situações características da atividade numa situação de referência; suportes que representem as futuras instalações (maquetes, protótipos, etc.); participantes representativos dos futuros usuários e de serviços relacionados á atividade, o que supõe uma construção social com os atores envolvidos.

ATWOOD (2004) apresenta um estudo de caso que incluiu situação similar à definida por DANIELOU como “simulação”. O estudo de caso se desenvolveu a partir da análise da iluminação da sala de controle existente, incluindo medições das iluminâncias preferidas e discussão com os operadores. A análise permitiu a elaboração de recomendações que permitiram o desenvolvimento de um sistema

piloto de *retrofit*. A instalação do sistema piloto permitiu sua avaliação pelos operadores antes de sua completa instalação no ambiente, que puderam participar da quantidade e localização das luminárias de acordo com os níveis de iluminação necessários a sua atividade.

A prática de projeto se revela então uma questão de diálogo entre os diferentes atores envolvidos no projeto em torno de uma perspectiva comum (BUCCIARELLI, 1984). “O projeto é um processo social”⁷ (BUCCIARELLI, 1994) incerto e não automático, no qual cliente, usuários e projetistas precisam ser levados constantemente a confrontar seus pontos de vista e construir o consenso nas questões que se revelam fundamentais. A tarefa de projeto se revela tanto uma questão de juntar pessoas diferentes em torno de uma perspectiva comum, chegando a um acordo nas principais questões, quanto à construção de um consenso sobre o que deve ser feito a seguir, o que talvez não seja tão automático.

⁷ Tradução do autor.

3. O PROCESSO DE PROJETO

Assim como o projeto de arquitetura, o projeto de iluminação precisa compreender como o ambiente físico pode apoiar o aprendizado, a colaboração, a criação e a comunicação entre os trabalhadores. JACKSON (2003) afirma que

“Os projetistas assistem hoje ao bombardeamento das empresas com toda sorte de mudanças: reestruturação organizacional, preocupações demográficas, inovações tecnológicas, questões ambientais e de saúde e flutuação econômica”. O espírito de mudança está permeando os negócios, e para nós a mudança não é um evento simplesmente, mas uma jornada em curso. Para permanecer competitivas, as empresas estão reestruturando a si mesmas na busca de mais dinamismo, inovação e, mais importante, mais agilidade...

A agilidade das empresas permite que elas obtenham sucesso nos processos de mudança, e que sua estrutura, incluindo o ambiente de trabalho, tenha a flexibilidade necessária para permitir rápida reconfiguração de pessoas e do espaço, de acordo com as necessidades de seus clientes.”⁸

De acordo com JACKSON (2003), as características do ambiente físico podem promover a criatividade a inovação e conseqüentemente a produtividade das empresas.

Para LEAMAN (apud DANZIEL, 2003), flexibilidade está relacionada à possibilidade de alterações rápidas de pequena magnitude em relação a usuários específicos, como mudanças de layout. Adaptabilidade, por outro lado, é um termo mais amplo e de longo prazo, e está relacionado à medida com que a edificação em si permite maiores mudanças em sua ocupação e uso. Ambos os conceitos – flexibilidade e adaptabilidade - parecem estar implícitos no termo flexibilidade usado por JACKSON (2003) na citação anterior. Sob este ponto de vista, o projeto do ambiente de trabalho e, conseqüentemente, o projeto de iluminação devem ter em vista as atividades futuras e as possíveis mudanças nas necessidades dos usuários conforme previsto pela ISO 11064-6 (2005) que recomenda aos centros de controle, projetos de arquitetura e complementares, incluindo os sistemas de iluminação

⁸ “As avid observers of the business world, designers see companies today being bombarded with change on numerous fronts: organisational restructuring, demographic concerns, technological innovations, environmental and health issues, and economical fluctuation. The spirit of change is permeating business, and for us change is not a simple one-time event but an ongoing journey. In order to stay competitive, companies are restructuring themselves to be more dynamic, more innovative and, most important, to be agile...”

The organisations of agile companies allow them to thrive on change and evolution, and their structures, including the workplace, must be flexible enough to permit rapid reconfiguration of both people and space, keyed to the needs of their customers...”

empregados, que levem em conta a possibilidade de futuras modificações nos equipamentos, no mobiliário, no layout, nos procedimentos e na população de usuários. Para JACKSON (2003), esta capacidade de reconfiguração do espaço está diretamente relacionada à vida útil da edificação:

“Ambientes de trabalho à prova do futuro são aqueles que levam em conta as mudanças nas necessidades dos usuários ao longo do tempo. Ser a prova do futuro requer colaboração entre Arquitetura, Engenharia, Interiores e Gerenciamento de forma a assegurar uma infra-estrutura flexível.”⁹

JACKSON considera que esta colaboração deve estar presente o quanto antes no projeto. A colaboração e participação de clientes, usuários e das disciplinas envolvidas desde o estágio inicial do projeto, minimiza os custos de mudança (Figura 1) em etapas posteriores e ao longo do ciclo de vida da edificação (JACKSON, 2003).

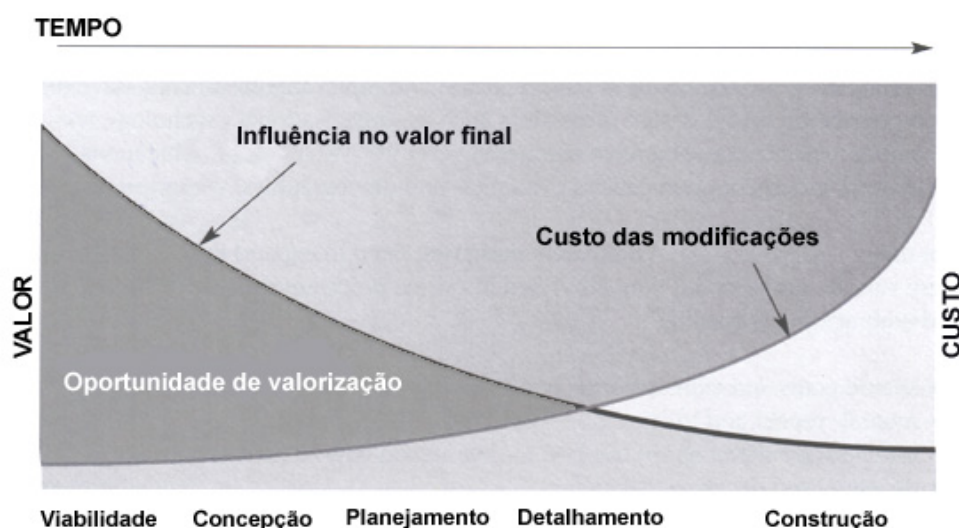


Figura 1 – Minimizar os custos e maximizar o valor (Fonte: JACKSON, 2003).

A tecnologia da informação (TI) em especial, deve ser considerada parte integral, e freqüentemente parte principal, de qualquer instalação de escritório moderna (GILES, 2003). Há alguns anos atrás alguns clientes dependiam apenas parcialmente da TI em seus negócios. Hoje a maioria dos clientes depende totalmente da TI para o seu funcionamento e, em conseqüência, dos serviços de suporte às instalações e aos equipamentos. As tendências das rápidas mudanças em TI são difíceis de prever mas uma aposta segura será a contínua integração da rede de informação (GILES, 2003). Os sistemas de iluminação caminham igualmente para

⁹ “Future-proof work environment is one that has been designed to take into account of changes in the occupants' needs over a number of years. Future-proofing requires architecture, engineering, interiors, construction and management collaboration that ensures flexible infrastructures.”

sistemas integrados aos demais controles do ambiente de trabalho, de forma a oferecer ganhos em conforto do usuário, no consumo de energia e em sustentabilidade ambiental.

O fator determinante de grande parte dos projetos de edificação hoje é a redução dos custos de investimento e a flexibilização do espaço, com conseqüente diminuição dos gastos de manutenção e de mudança. O processo de projeto tradicional e linear tem revelado soluções inapropriadas para os espaços de trabalho. JACKSON (2003) propõe um processo de projeto mais orgânico, integrado, participativo e iterativo, em que a equipe compartilhe metas, em que a tomada de decisão seja descentralizada e em que exista um compromisso com o contínuo processo de aprendizado, experimentação e refinamento (Figura 2). O projeto de iluminação, que está inserido dentro deste processo, pode ter seu andamento entendido de forma similar.



Figura 2 – Processo de projeto de edificações
(FONTE: Jackson, 2003; tradução do autor)

O projeto de iluminação não é fruto apenas de idéias do próprio projetista de luminotécnica mas da interação com as outras disciplinas e de iterações (Figura 3) ao longo do processo de projeto (EGAN, 2001). Por iterações entenda-se um processo cíclico de identificação de problemas, análise, proposta de soluções, revisão, novamente identificação de problemas e assim por diante (STEFFY, 2001). Para garantir a qualidade do resultado final, o projeto de iluminação deve acompanhar o processo de projeto da edificação desde a concepção até a ocupação (EGAN, 2001).

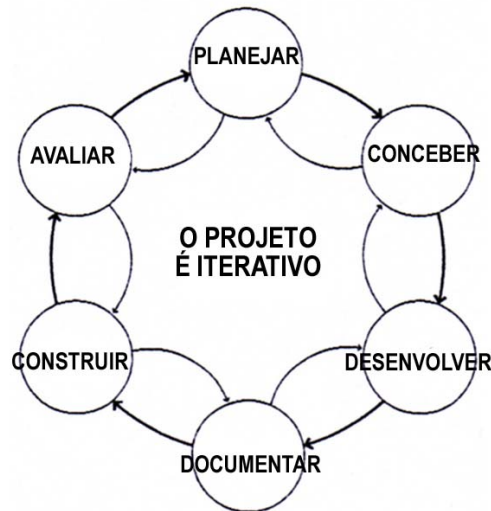


Figura 3 – O projeto é um processo iterativo (Fonte: JACKSON, 2003; tradução do autor).

Em projetos maiores é importante que o grupo de projetistas das diferentes disciplinas trabalhe de forma integrada e inclua, além de representante do cliente, representantes dos usuários finais. No caso do projeto de centros de controle, o cliente usualmente é o engenheiro de instalações, o arquiteto coordenador de projetos ou um representante da empresa (Figura 4).

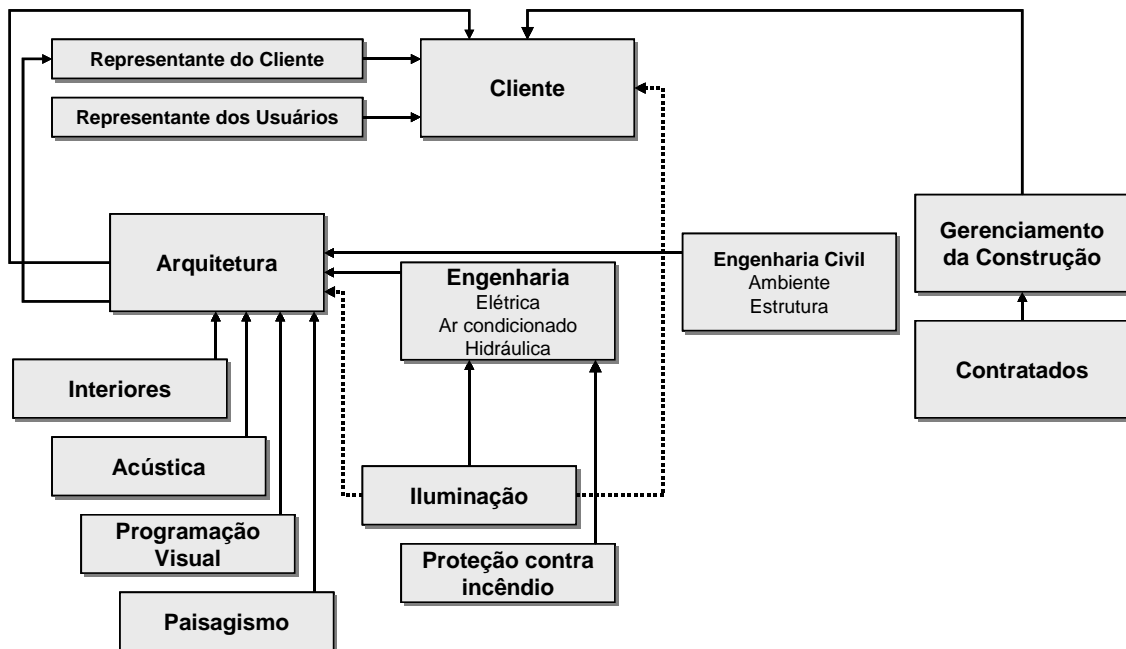


Figura 4 – Organograma situando a iluminação numa equipe de projeto de edificações. A direção das setas indica a quem se reportam os membros da equipe. As linhas tracejadas indicam possíveis alternativas (Fonte: STEFFY, 2001; tradução do autor).

STEFFY (2001) afirma que quanto mais afastado estiver o cliente do usuário final, o grupo de indivíduos que trabalharão no escritório ou sala de controle,

mais cuidado deve ser tomado na interpretação de informações fornecidas. Algumas decisões relativas ao projeto de iluminação, tomadas pelo engenheiro de instalações, o arquiteto coordenador de projetos ou pelo representante da empresa podem não representar adequadamente as necessidades destes trabalhadores. Por exemplo, um determinado sistema de iluminação pode ser rejeitado pelo cliente em função do custo previsto mesmo que não exista solução com este orçamento que permita atender às necessidades impostas pela atividade de trabalho em questão. Será preciso caracterizar claramente a atividade de trabalho para que as necessidades de operação sejam compreendidas e o cliente tenha subsídios para fazer uma análise custo-benefício adequada (STEFFY, 2001).

Preferencialmente, as fases do projeto de iluminação devem acompanhar as do projeto de arquitetura (Figura 5), embora em projetos menores ou de prazo mais curto, algumas fases sejam superpostas, unidas e/ou suprimidas: pesquisa e levantamento de dados; planejamento; concepção (estudo preliminar); desenvolvimento (anteprojeto); detalhamento e especificação (projeto executivo); construção; e ainda, avaliação pós-ocupação e acompanhamento. No entanto, não se trata de um processo linear. Uma série de iterações pode ocorrer ao longo das etapas ou mesmo entre elas e neste processo iterativo o projeto avança de soluções gerais para soluções mais específicas (STEFFY, 2001 e JACKSON, 2003).

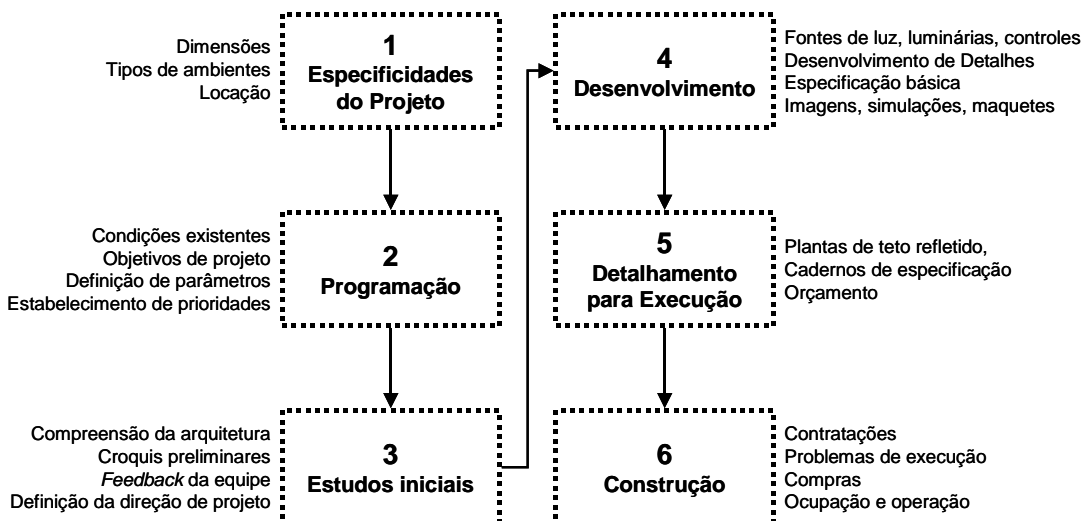


Figura 5 – Etapas e escopo do projeto de iluminação de acordo com STEFFY (2001) (tradução do autor).

A análise pós-ocupacional (entendida aqui de forma genérica e não necessariamente a partir de um método determinado) de pode ser considerada a fase zero do projeto, a pesquisa que permitirá compreender mais claramente as necessidades visuais e lumínicas da atividade. Esta análise deve envolver preferencialmente as instalações originais da sala de controle, mas pode se estender as situações selecionadas como referência tendo em vista inovações tecnológicas, por exemplo. A Figura 6 insere esta etapa zero no ciclo de processo de projeto.

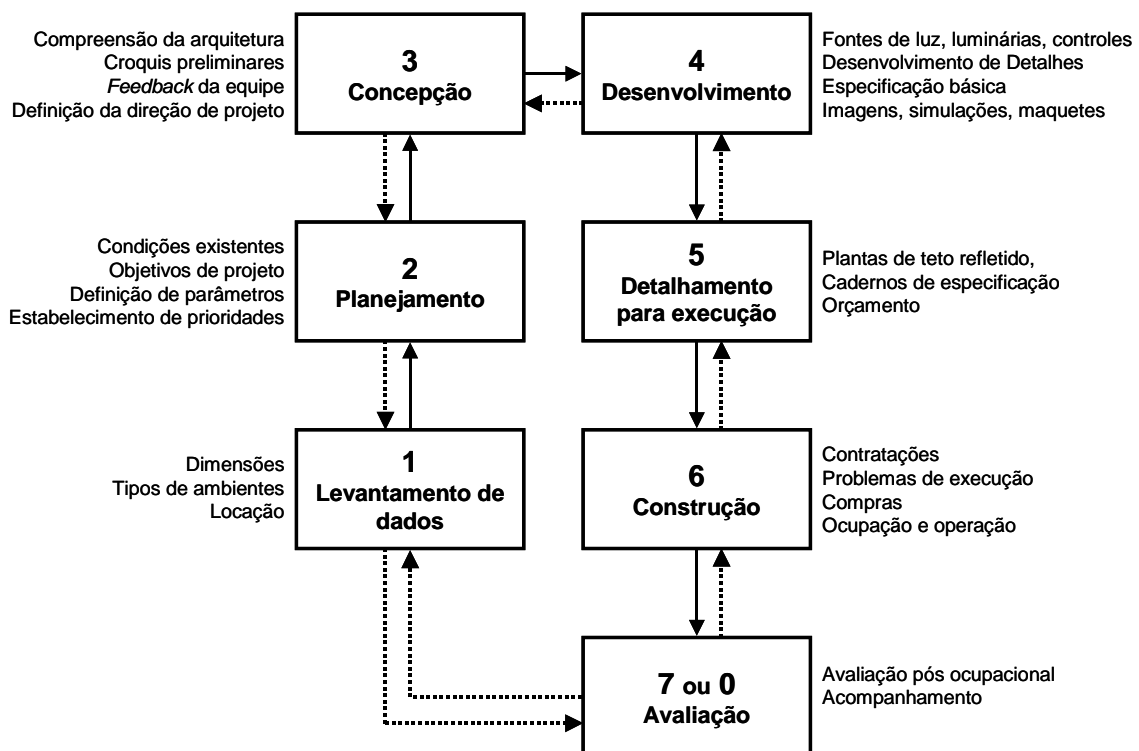


Figura 6 – Processo cíclico do projeto de iluminação (Baseado em STEFFY, 2001; EGAN, 2001; e JACKSON, 2003).

BERNECKER (2006) apresenta as etapas do processo de projeto de iluminação de forma mais detalhada. Embora não explicitamente graficamente a característica iterativa e interativa do processo, repete nas diferentes etapas passos que são revistos. As considerações de projeto sintetizam o planejamento que é revisitado a cada nova etapa. Nos documentos de execução enumera as verificações de conformidade com o que foi planejado. BERNECKER indica também os diferentes tipos de documentos que integram o processo (apresentação conceitual; plantas; detalhamento).

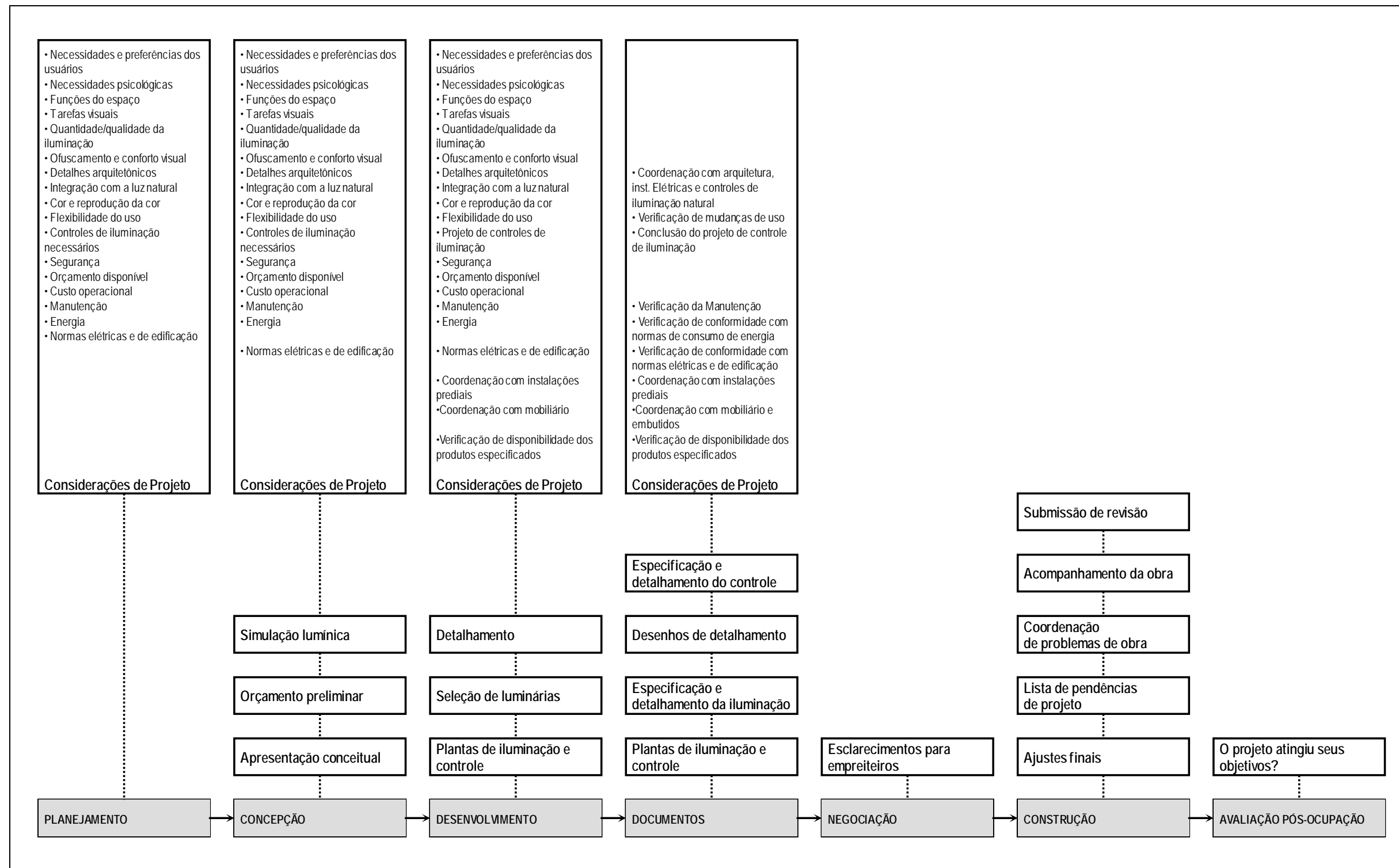


Figura 7 – Processo do projeto de iluminação (BERNECKER, 2006).

EGAN (2001) considera a fase de planejamento como a mais importante do processo de projeto de iluminação, a partir da qual são identificadas as questões críticas, os objetivos, as possibilidades e as limitações que deverão ser levados em conta ao longo do processo. Para cada ambiente do projeto devem ser identificados:

- Objetivos de projeto em relação às impressões subjetivas dos seus ocupantes
- Qualidade do espaço em relação às necessidades biológicas e psicológicas
- Tarefas visuais desenvolvidas e suas necessidades
- Questões críticas a serem consideradas no desenvolvimento do projeto
- Iluminâncias recomendadas
- Características da iluminação correlacionadas às impressões subjetivas desejadas

Dependendo dos objetivos estabelecidos para o projeto de iluminação, serão definidas as estratégias mais adequadas (Item 4.4). Tomando como ilustração uma sala de controle, teríamos em linhas gerais:

- Objetivos: atenção, organização, comunicação.
- Qualidade do espaço: foco na atividade, luz natural para referência visual externa; clareza.
- Tarefas: atividades conversacionais no computador envolvendo leitura de várias telas e *vídeo wall*. Eventualmente, leitura e escrita em papel. Diálogo fundamental nas trocas de turno.
- Questões críticas: Controle de ofuscamento e reflexões x necessária clareza; imagem corporativa da empresa; iluminação auxiliar individualizada.
- Iluminâncias recomendadas: horizontal de 300 a 500 lux mas a situação de referência revelou 150 a 200 lux.
- Características: iluminação geral uniforme; iluminação do perímetro; clareza e uniformidade da luz no plano de trabalho; lâmpadas com temperatura de cor neutra.

A partir do planejamento, os conceitos iniciais podem ser testados através de croquis de várias soluções, em plantas, cortes e perspectivas esquemáticas, através dos quais pode ser checada a geometria da iluminação para verificar se a solução está causando ofuscamento ou reflexões (EGAN, 2001). Cada solução guardará uma relação entre componentes da iluminação: iluminação geral, direta,

indireta ou direta/indireta; iluminação periférica; iluminação de destaque; iluminação integrada ao mobiliário; iluminação de tarefa; etc. Numa situação ideal, o trabalho entre a equipe de arquitetura de interiores e iluminação é iterativo nesta fase. Especialmente quando a arquitetura tiver várias possibilidades de configuração, poderá haver discussão em torno das possíveis soluções de iluminação resultantes (STEFFY, 2001).

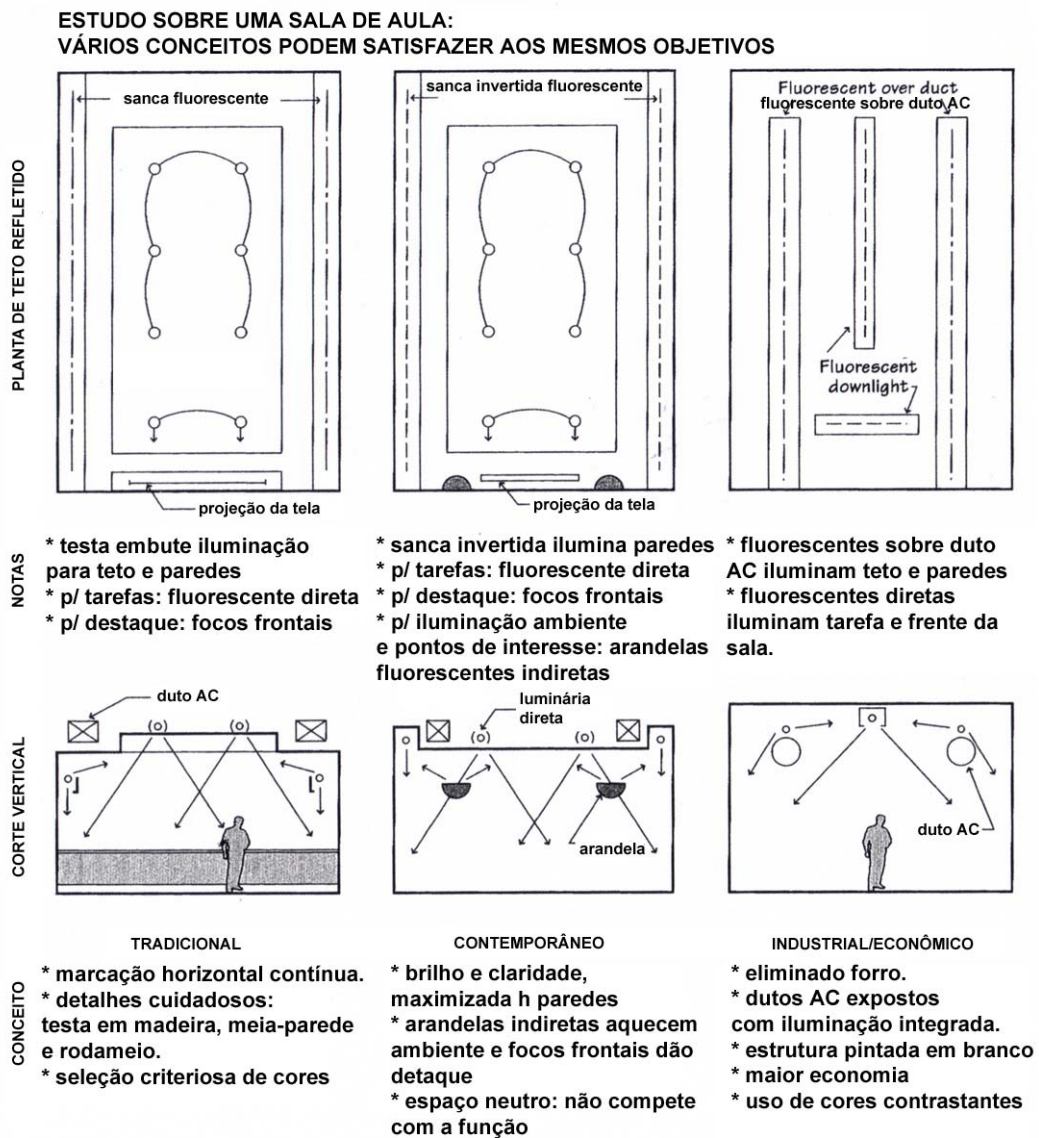


Figura 8 – Diferentes conceitos podem satisfazer os mesmo objetivos. (EGAN, 2001)

Ainda na fase de concepção, os sistemas de iluminação devem começar a ser coordenados com as instalações de ar condicionado, eletricidade, segurança contra incêndio, acústica, estrutura, hidráulica, automação, etc. Em edifícios comerciais uma parcela significativa de espaço é necessária entre o teto e o forro. A

soma das alturas da estrutura e das instalações de ar condicionado, eletricidade, segurança contra incêndio e iluminação pode ultrapassar 1,35m (EGAN, 2001). A coordenação da posição das instalações pode reduzir significativamente a altura do entre-forro (*plenum*). Em edificações novas, esta redução implicará em redução dos custos, visto que pode ser reduzido o pé direito estrutural. Se as demais disciplinas não participarem deste processo iterativo de coordenação, é importante que ao menos forneçam *feedback* das soluções iniciais propostas, o que poderá exigir iterações adicionais (STEFFY, 2001).

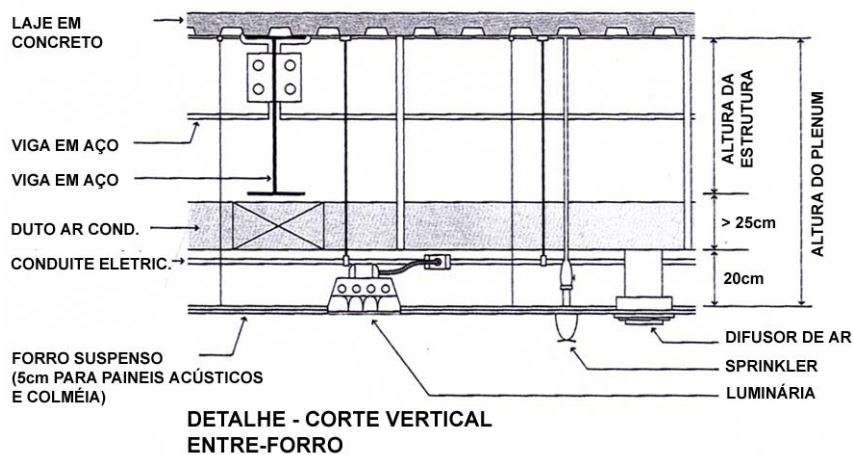


Figura 9 – Detalhes de coordenação entre iluminação, instalações, forro e estruturas (EGAN, 2001).

EGAN (2001) considera ainda que a iluminação deva se conjugar aos elementos dominantes do espaço, como ar condicionado e estruturas, o que exigirá maior comunicação entre estas disciplinas. Pode estar acoplada, por exemplo, a dutos de ar condicionado expostos ou associada ao ritmo da estrutura. Iluminação natural e artificial também precisam estar bem coordenadas, o que dependerá da comunicação entre o projeto de arquitetura e de iluminação.

Uma vez aprovado o estudo inicial, a próxima etapa é o desenvolvimento do projeto, quando são selecionados os equipamentos de iluminação e estudados os *layout* compatíveis com os parâmetros propostos. Nesta fase de desenvolvimento do projeto são selecionados as fontes de luz, as luminárias e os sistemas de controle. Dependendo do projeto, se forem definidos detalhes de iluminação incorporados à arquitetura e ao mobiliário, estes também demandarão interações adicionais com estas disciplinas.

A proposta de controle de iluminação definirá como cada luminária ou grupo de luminárias será ligado e desligado ou dimerizado, de forma automatizada ou não. A representação gráfica destas definições de fonte de luz, luminárias e controle é fundamental para permitir a análise quantitativa e qualitativa da proposta. As ferramentas de análise utilizadas podem incluir desde desenhos e perspectivas da distribuição da luz e técnicas de cálculo luminotécnico a programas de cálculo computacionais, renderizações computacionais, modelos físicos de iluminação, no caso da iluminação natural (STEFFY, 2001). As soluções de projeto emergirão de iterações dos parâmetros definidos na etapa planejamento, dos croquis de plantas e cortes, da análise de dados técnicos dos equipamentos e das técnicas de simulação e cálculo selecionadas. A comparação das curvas de distribuição das luminárias (adquiridas junto aos fornecedores) permite selecionar a melhor geometria para controle das reflexões e ofuscamento. O consumo de energia deve ser estimado para verificar o desempenho do sistema e sua adequação às normas (EGAN, 2001). Uma vez definida a proposta a ser apresentada, o desafio não é apenas conseguir a aprovação do cliente mas garantir que o projeto está sendo bem compreendido por todos: pelo cliente, usuários e demais membros da equipe antes do seu detalhamento. Neste sentido, podem ser necessárias técnicas de representação a mão ou computacionais não apenas para estudo mas para apresentação do projeto.

Uma vez aprovados os *layouts* de iluminação e especificações básicas resultado da fase anterior, será desenvolvido o detalhamento do projeto, com documentos formais que incluem representação gráfica (plantas de teto refletido e eventuais elevações e detalhes que se façam necessários) e especificação completa dos equipamentos. Nesta fase é interessante prover orçamento geral dos equipamentos e previsão de custo de instalação e operação (STEFFY, 2001). As plantas de iluminação podem estar combinadas com as plantas de instalações elétricas para mostrar circuitos, interruptores, quadros de luz, etc. (EGAN, 2001).

De qualquer forma, é fundamental que nesta fase do projeto as soluções apresentadas pelas diferentes disciplinas estejam bastante afinadas umas com as outras, minimizando eventuais problemas de execução. Detalhes executivos de iluminação (Figura 10) devem representar não apenas a iluminação propriamente dita mas as interferências com as demais instalações e arquitetura.

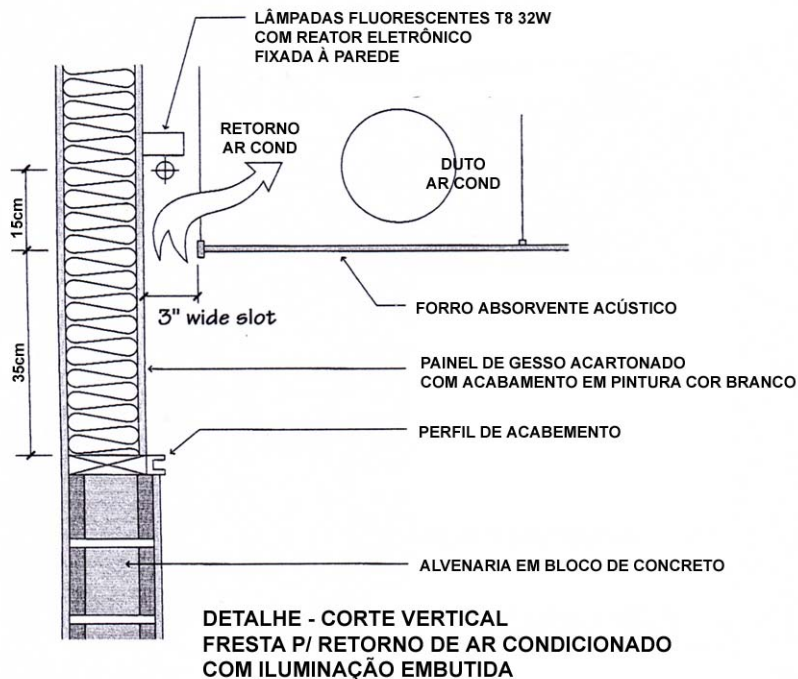


Figura 10 – Detalhes de execução (EGAN, 2001).

Iniciada a obra, é desejável que o projetista de iluminação acompanhe os processos de compra e a contratação, fornecendo as informações adicionais que se façam necessárias (STEFFY, 2001). A obra deve submeter ao projetista as informações técnicas completas dos equipamentos, especialmente no que se refere à substituição de equipamentos por similares, para sua análise e aprovação de forma que o resultado final não seja comprometido.

Durante a execução da obra podem ser identificadas interferências entre o sistema de iluminação e outras instalações que demandarão visitas à obra, reuniões interdisciplinares e eventual revisão de desenhos. As visitas à obra são especialmente importantes no que se refere à fiscalização da execução do projeto. Lâmpadas incorretas, posicionamento, direcionamento e acabamento incorreto das luminárias podem resultar em efeitos inadequados de iluminação (STEFFY, 2001).

4. PREMISSAS PARA A ILUMINAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE

O uso intenso do computador mudou drasticamente a natureza do trabalho no escritório, não por causa dos seus fins últimos, mas por seus meios. A tarefa continua caracterizada pela coleta, organização, arquivamento e distribuição de informações mas agora – por meios eletrônicos – de forma mais rápida e atingindo longas distâncias (BOYCE, 2003). A ISO 9241-6 (1999) resume as principais modificações introduzidas pelo trabalho informatizado no escritório:

- O principal objeto visual da tarefa não está mais no plano horizontal da mesa. O monitor de vídeo está na posição vertical;
- O principal objeto visual da tarefa pode guardar forte dependência do ambiente, em função de reflexões, perda de contraste ou distorção de informações em cor causada pela luz ambiente;
- A elevação da linha do olhar torna necessário considerar mais fortemente as características do ambiente visual/lumínico, pois grande parte de luz passa a estar dentro do campo de visão do trabalhador (Figura 11).

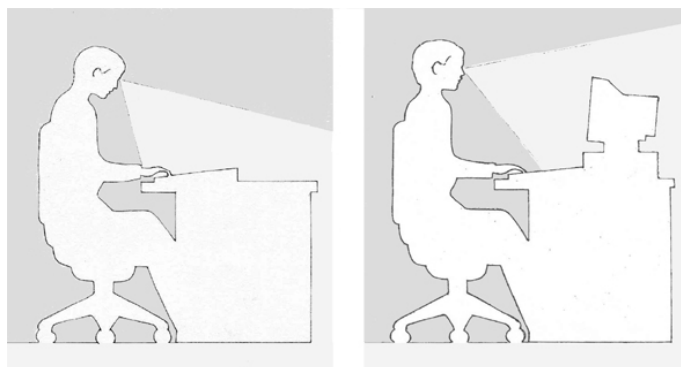


Figura 11 – No escritório tradicional, a tarefa em papel direcionava o olhar para o plano de trabalho. No escritório informatizado, a tela do monitor eleva o olhar colocando grande parte do ambiente dentro do seu campo de visão (ilustração do autor).

Os princípios relativos ao uso intenso de monitores de vídeo em escritórios são em grande parte aplicáveis à iluminação das salas de controle, embora seja importante lembrar que na área industrial a maior quantidade e variedade de *displays* acaba criando linhas de visão pouco comuns nos escritórios, e que podem demandar análises adicionais (BOYCE, 2003). Além disso, o trabalho em turnos exige especial

atenção com os efeitos da luz na atenção, no conforto e na saúde do operador. A ISO 11064-6, 2005 enumera alguns princípios gerais para o projeto de iluminação da sala de controle que são generalizáveis aos escritórios com uso intenso de terminais de vídeo:

- O foco central do projeto deve ser a tarefa e o conforto do usuário. Além de atender às necessidades destas tarefas visuais, a iluminação deve prover ambiente agradável e estimulante à atividade de trabalho (IESNA, 2000);
- O projeto deve ser usado para atenuar os efeitos negativos do trabalho (no caso da sala de controle, o projeto deve ser usado para atenuar os efeitos negativos do trabalho em turnos);
- O projeto de iluminação deve ser desenvolvido de forma integrada com as outras disciplinas de forma a minimizar o impacto de interferências que prejudiquem o ambiente como um todo;
- Os sistemas de iluminação empregados devem levar em conta a possibilidade de futuras modificações nos equipamentos, no mobiliário, no layout, nos procedimentos e na população de usuários.

No ambiente de trabalho com uso intenso de *displays* podemos distinguir dois tipos básicos de tarefas visuais (ISO 9241-6,1999) que podem estar presentes em maior ou menor proporção:

- Assimilação de informações apresentadas no display (leitura de textos e gráficos e observação de processos na tela);
- Assimilação de informações apresentadas em mídia passiva (leitura de textos ou gráficos em papel, identificação de caracteres do teclado).

STEFFY (1995) sugere ainda outras distinções importantes nas tarefas visuais desempenhadas com displays que podem influenciar o projeto de iluminação:

- Atividades conversacionais, em que o usuário troca informações com o sistema;

- Atividades de desenho em *CAD*;
- Atividades de digitação ou entrada de dados.

Quando a tecnologia da informática foi introduzida no escritório, pensava-se que seria preciso adotar um conceito de iluminação completamente diferente, pois o papel seria eliminado e executaríamos todas as tarefas numa tela de monitor que tinha a visibilidade ainda muito sensível às condições de iluminação. No entanto, muito poucos escritórios têm hoje atividades totalmente informatizadas. As tarefas envolvendo leitura e escrita em papel continuam presentes, o que exige que sejam mantidos de alguma forma níveis de iluminação compatíveis à atividade (BOYCE 2003). Por outro lado, a tarefa em tela auto-iluminada, embora hoje bem menos suscetível às condições de iluminação, exige rigor no controle da qualidade da luz no ambiente (IESNA, 2000). Dependendo da geometria olho-tela, o trecho do ambiente dentro da visão periférica (passível de provocar ofuscamento direto) e zona ofensiva (passível de provocar ofuscamento refletido) podem estar localizados fora da estação de trabalho propriamente dita, no teto, na parede ou numa divisória (Figura 12).

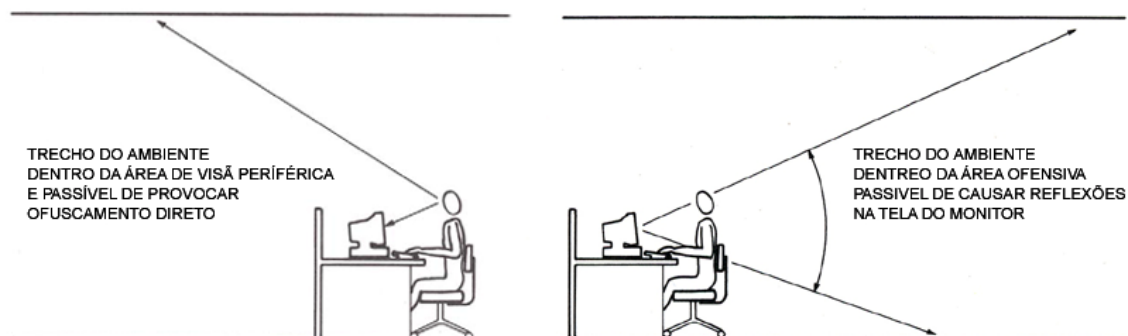


Figura 12 - No escritório informatizado, o uso do monitor e a necessária elevação do olhar fazem com que boa parte do ambiente esteja na área de visão periférica do trabalhador (baseado em GORDON, 1995).

A iluminação de espaços de trabalho informatizados envolve de fato uma série de questões qualitativas que ultrapassam os limites da disciplina propriamente dita. A ISO 11064-6 (2005) apresenta os principais fatores envolvidos no projeto da iluminação da sala de controle (Figura 13). O foco central do projeto é o conforto visual que permite o adequado desempenho da tarefa e provê condições de atenção, saúde e bem estar ao usuário. Analogamente, para HOPKINSON (1963), a primeira questão que se coloca num projeto de iluminação é a quantidade de luz – o nível de iluminação

da área de trabalho. A seguir viria a questão da qualidade da luz, de como disponibilizá-la sem provocar desconforto visual. Por fim viria a questão de como proporcionar um ambiente visual agradável e atrativo. BOYCE (2003), por outro lado, descreve 3 categorias de qualidade para os projetos de iluminação: “má iluminação, aquela que apresenta defeitos de qualidade; iluminação indiferente, aquela que não apresenta defeitos; e a boa iluminação, que além de tecnicamente correta eleva o espírito do observador”¹⁰. De fato, grande parte das recomendações de iluminação tem como proposta a eliminação do desconforto enquanto o foco do projeto de iluminação deveria ser o conforto visual propriamente dito (FARACO, SANTOS & PORTO, 2006).

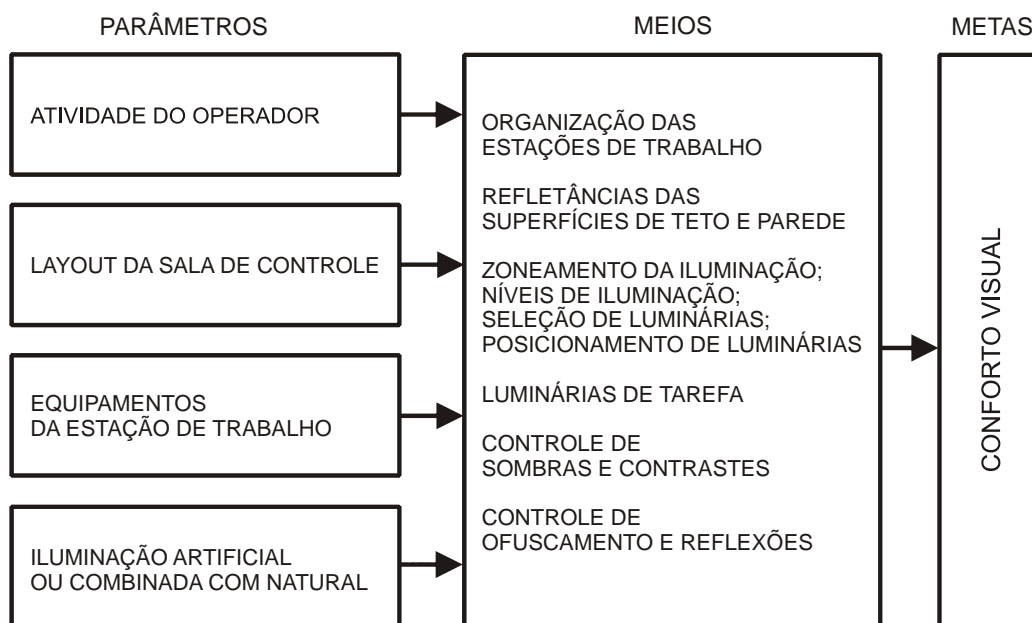


Figura 13 – principais fatores envolvidos no projeto de iluminação de centros de controle (Fonte: ISO11064-6, 2005; tradução do autor).

Na Figura 14 é apresentado um fluxograma semelhante, em que foram desdobrados alguns fatores envolvidos no projeto de iluminação de ambientes com uso intenso de *displays*. A obtenção de conforto visual depende de fatores que não se restringem à disciplina da Iluminação: o controle de sombras e contrastes e o controle de ofuscamento e reflexões. Ambos estão relacionados à definição do layout, à organização da estação de trabalho, à especificação de acabamentos das superfícies e à especificação dos displays. Veremos a seguir como cada um destes meios pode contribuir para o conforto visual do ambiente de trabalho.

¹⁰ tradução do autor

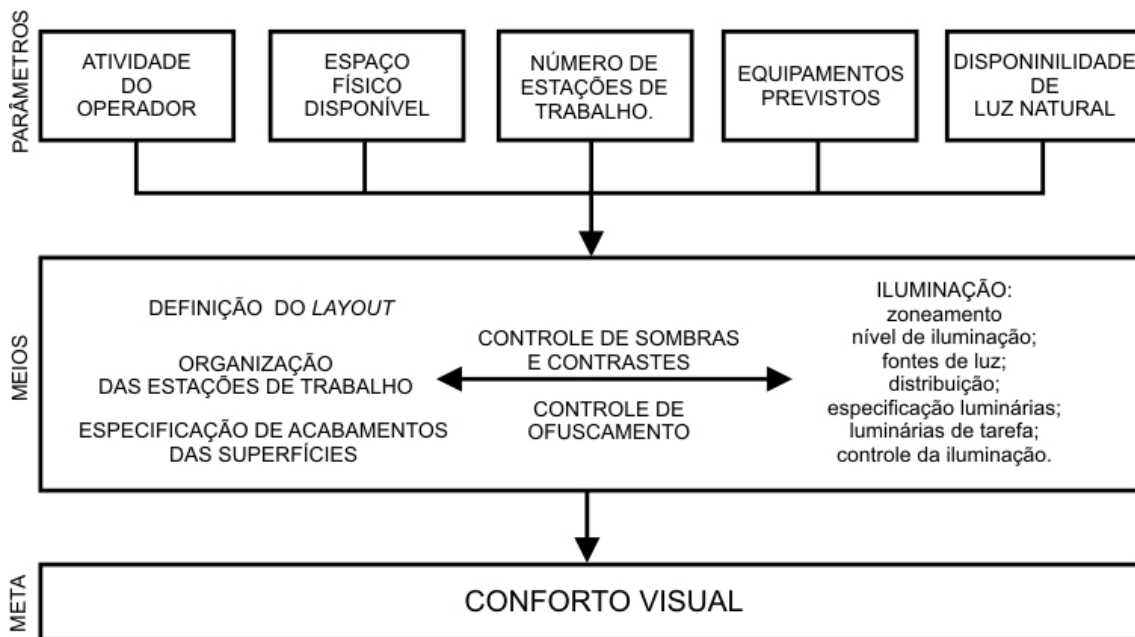


Figura 14 – principais fatores envolvidos no projeto de iluminação de centros de controle (Adaptado da ISO11064-6, 2005).

4.1. ARQUITETURA, LAYOUT E ESTAÇÕES DE TRABALHO

O desenho da área de trabalho afeta o sucesso do projeto de iluminação. A posição dos displays, das janelas e das luminárias, assim como a distribuição da luz nas superfícies dos ambientes, afetam a visibilidade do monitor. Em escritórios panorâmicos deve-se assumir que os monitores podem estar locados em qualquer lugar e que a iluminação de áreas fora da área de trabalho afeta a visibilidade do monitor, preservando a flexibilidade necessária ao layout (IESNA 2000). Em salas de controle, embora a posição dos postos de trabalho seja menos flexível, deve-se levar em conta a possibilidade de futuras modificações nos equipamentos, no mobiliário, no layout, nos procedimentos e na equipe de operadores (ISO 11064-6, 2005).

Em relação à estação de trabalho propriamente dita, especial atenção deve ser dada ao posicionamento do monitor. A inclinação da tela aumenta a área de teto exposta a reflexões (IESNA, 2000). O ideal é que o monitor seja utilizado na posição vertical. Em salas de controle, onde a quantidade de displays pode chegar a cinco ou seis, é comum organizá-los em duas linhas, fixando os inferiores na posição inclinada. A ISO 9241-5 (1999) recomenda que em ambientes com uso intenso de terminais de vídeo o usuário possa ajustar a posição do monitor, girando, inclinando ou elevando a tela por mecanismos de fácil operação do próprio display ou incorporados ao mobiliário. Indicação semelhante faz a Norma Regulamentadora

NR17 (MTE, 1990) que, quando se refere a equipamentos utilizados no processamento eletrônico de dados com terminais de vídeo, recomenda condições de mobilidade do display suficientes para permitir o ajuste da tela do equipamento à iluminação do ambiente, protegendo-a contra reflexos, e proporcionando corretos ângulos de visibilidade ao trabalhador.

Nas salas de controle, quando houver necessidade de displays fora da estação de trabalho (Figura 15), monitores CRT, LCD ou *video wall*, de uso regular ou contínuo, a norma ISO11064-3 (1999) recomenda posicionar o display diretamente em frente ao operador de forma que ele possa observá-lo facilmente do seu posto de trabalho, apenas com movimento dos olhos. Quando forem de uso comum, o layout precisa assegurar visibilidade de todos os operadores a estes displays.

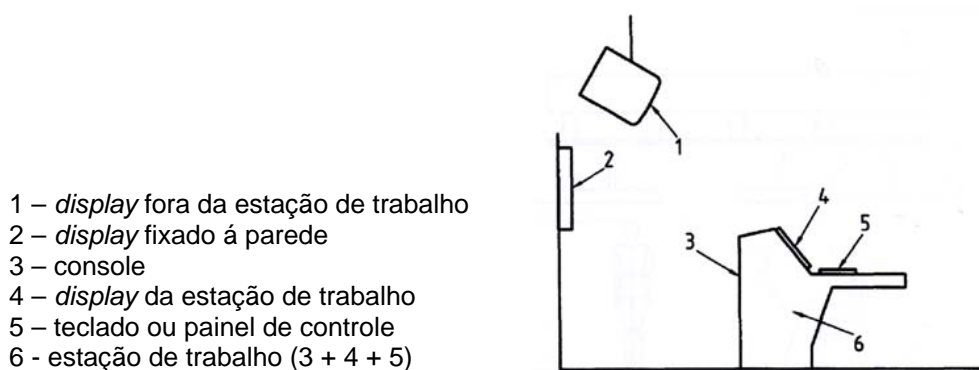


Figura 15 – Equipamentos associados à sala de controle
(Fonte: ISO 11064-3, 1999; tradução do autor).

Devido à intensidade característica da luz natural, o posicionamento e dimensões das aberturas externas e internas à edificação podem influenciar fortemente a quantidade e qualidade da luz no ambiente. Em primeiro lugar, é preciso compreender a importância do emprego da luz natural, tendo em vista os pontos de vista da física, da fisiologia e da psicologia. De acordo com BOYCE (2003), fisicamente existem fontes de luz artificiais que reproduzem espectros similares à luz natural. Fisiologicamente, desde que proporcionem a mesma iluminância¹¹ e as tarefas não requeiram acurada discriminação da cor, são poucas as diferenças entre a resposta do sistema visual a fontes de luz artificial e natural. Mas psicologicamente, ambientes monótonos podem prejudicar o desempenho e a variedade dos efeitos da luz natural pode tornar o ambiente mais atrativo. BOYCE acrescenta ainda que a preferência dos usuários por luz natural freqüentemente inclui a vista do exterior, desde que não signifique grande exposição do ambiente interior. Muitos usuários não

¹¹ Iluminância = luz distribuída sobre uma determinada superfície expressa em fluxo luminoso por unidade de área (HOPKINSON, 1975).

estão dispostos a abrir mão da visão exterior para evitar desconforto visual e térmico, o que pode ser comprovado pela frequência com que muitos ambientes com janelas, especialmente quando há incidência direta da luz do sol, trabalhem com as persianas fechadas. Mesmo quando o desconforto ocorre em apenas alguns momentos dia, as persianas com frequência permanecem fechadas por longos períodos.

A norma ISO 11064-3 (1999) considera que as luminâncias¹² da tarefa e das demais áreas do ambiente de trabalho, inclusive janelas, devem ser mantidas na proporção de 1:10. Dentro de um campo visual estático do operador ela admite proporções significativamente maiores de luminâncias. Acima de 1:100 espera-se haver comprometimento do desempenho. No entanto, o IESNA (2000) apresenta para ambientes de escritórios com uso intenso de terminais de vídeo recomendações bem mais rigorosas e não recomenda ultrapassar a proporção de 1:10 para superfícies distantes (Figura 32). No entanto, dificilmente as baixas luminâncias características no interior de um ambiente de trabalho com uso intenso de displays guardarão esta proporção com a luminância de uma janela que permita visão da paisagem no exterior. Um display com contraste positivo (fundo claro) tem luminância na ordem de 100cd/m² (REA, 1991). Por outro lado, o céu encoberto tem luminância em torno de 10.000 cd/m² (STEFFY, 1995). Ou seja, será necessário utilizar janelas com sistemas de proteção de transmitância em torno de 10% para reduzir a luminância de 1.000 cd/m² equivalente à proporção de 1:10. Aparentemente isto implicará em pouco aproveitamento da luz natural mas segundo STEFFY (1995) o aproveitamento será mais contínuo, uma vez que não haverá necessidade de fechar persianas. É importante levar em conta que algumas atividades, como as que envolvem desenhos 6em CAD, demandam a utilização de displays de contraste positivo (fundo escuro) que segundo REA (1991) tem luminância na ordem de 10cd/m². Além disso, para cidades tropicais como o Rio de Janeiro, medições revelam luminâncias no verão de 2900 cd/m² com céu claro e 20.200 cd/m² com céu encoberto (LAAR, 2001).

Por este motivo, além de cuidadoso layout e organização das estações de trabalho é necessário considerar com atenção também o projeto de arquitetura, na locação e detalhamento de aberturas. ROBBINS (1986) entende que quando o projeto de arquitetura está considerando o uso da luz natural como fonte primária de iluminação (para reduzir consumo de energia e custos) devem ser adotadas primeiramente técnicas para melhor distribuição da luz natural que não incluam

¹² Luminância = brilho físico de um objeto determinado pela quantidade de luz incidente e a refletância da superfície (HOPKINSON, PETHERBRIDGE & LONGMORE, 1966).

energia elétrica (como o uso de luz artificial) para balanceamento das luminâncias. STEFFY (1995) por outro lado, afirma que é importante adequar o projeto de iluminação natural aos ambientes informatizados. Em linhas gerais, recomendações relativas às janelas em ambientes com uso intenso de *displays* podem ser resumidas da seguinte forma:

- Estabelecer a posição das estações de trabalho de forma que os ocupantes dentro de condições normais de trabalho não tenham visão direta do céu (ROBBINS, 1986). Estações de trabalho próximas às janelas devem ser orientadas de forma que a linha de visão do usuário seja paralela (STEFFY, 1995 e IESNA, 2000). Não deve haver estações de trabalho muito próximas às janelas, a não ser que estas sejam fontes primárias de observação. Em salas de controle, quando situadas à esquerda ou à direita de uma estação de trabalho, as janelas devem guardar uma distância mínima de 3,00m para a estação de trabalho (ISO 11064-3, 1999).
- Reduzir a visão do céu através da utilização de equipamentos externos como *brises*, beirais, cobogós, prateleiras de luz, persianas, venezianas, tela solar, etc. (ROBBINS, 1986), especialmente indicados para climas mais quentes por possibilitarem também redução da carga térmica. Para reduzir o brilho da luz do céu, são admissíveis os vidros de tonalidade clara, pois tonalidades escuras podem distorcer muito a visão do exterior (ISO 11064-3, 1999).
- Utilizar sistemas de envidraçamento com transmitância em torno de 2 a 10% e que preservem a visão e a cor da imagem exterior (STEFFY, 1995). Embora a economia de energia e o aproveitamento da luz natural sejam aparentemente pequenos, serão mais contínuos, uma vez que os usuários não terão necessidade de fechar persianas ou cortinas que poderiam eliminar o ofuscamento e reflexões causados pelos vidros de baixa transmitância.
- Reduzir a luminância do plano da abertura através da utilização de equipamentos internos de sombreamento, como persianas e cortinas (ROBBINS, 1986). STEFFY (1995), no entanto sugere que devem ser evitadas persianas tradicionais que podem bloquear tanto a luz natural quanto a visão do exterior. Os equipamentos internos de sombreamentos devem permitir controle do acionamento e regulação pelos usuários (ISO 11064-3, 1999) e é desejável que sejam automatizados e preservem a imagem do exterior.

- Aumentar a luminância do entorno da abertura usando, por exemplo, acabamentos em cores claras (ROBBINS,1986).
- Produzir contraste gradativo entre a visão externa e a interna através de elementos construtivos da janela como guarnição, montantes e molduras (ROBBINS, 1986).

A norma ISO 11064-3 (1999) acrescenta que no projeto de centros de controle as janelas devem ter dimensões que permitam visão do ambiente exterior e devem ser incluídas também em ambientes de reunião e relaxamento. Na sala de controle podem eventualmente existir janelas internas para fornecer informações ao operador e para a visualização da sala por supervisores ou visitantes. Janelas internas destinadas a visitantes não devem ter acesso a visão de informações confidenciais, nem as tarefas informais dos operadores e, quando se tratar de galerias ou passarelas de visualização, é fundamental considerar o impacto destas na iluminação natural e artificial da sala de controle.

A utilização de sistemas de iluminação indireta, embora bastante recomendada para os escritórios informatizados, na maioria das vezes, não é possível em função de limitações de pé direito. A ISO 11064-3 recomenda que para salas de controle é desejável um pé direito estrutural mínimo de 4.00 m, para permitir a utilização de sistemas de iluminação indireta e instalação de displays de uso comum fora do posto de trabalho, além do piso elevado e do teto rebaixado necessários para maior facilidade na manutenção das instalações e maior flexibilidade do layout (ver Figura 16).

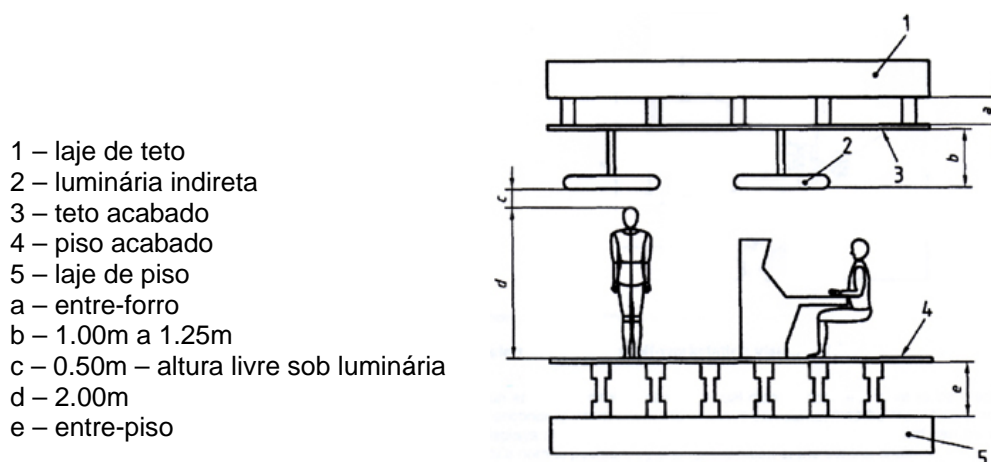


Figura 16 – Dimensões verticais da sala de controle (Fonte: ISO 11064-3, 1999).

Outro fator que influencia na qualidade da iluminação e que envolve o projeto de arquitetura é a especificação de acabamentos. A luz incidente num monitor de vídeo pode causar 3 efeitos: reduzir o contraste do *display*; distrair a atenção do usuário entre a tela e imagens refletidas; e causar fadiga pela acomodação, uma vez que a tela e a imagem refletida estão em distâncias focais diferentes. A chave para evitar estes problemas é reduzir a luminância da imagem refletida em relação a luminância do display (BOYCE, 2003). A luminância dos objetos depende não apenas da iluminância mas também da refletância¹³ da sua superfície. Madeiras escuras, por exemplo, freqüentemente tem refletâncias muito baixas que podem resultar em grandes contrastes com a tarefa visual, seja ela em papel ou na tela do monitor. Superfícies espelhadas ou brilhantes também devem ser evitadas pois as imagens refletidas de fontes de luz podem resultar em reflexões de alto brilho. Em especial, devem ser evitadas as superfícies de trabalho com acabamento brilhante. Na impossibilidade de evitar superfícies horizontais polidas, devem ser utilizados sistemas de iluminação indireta de baixo brilho para prover iluminação geral. A iluminação de tarefa deve ser instalada nas laterais da superfície de trabalho, de forma que o brilho refletido na superfície da mesa seja eliminado do ponto de vista do trabalhador. Especial atenção deve ser dada aos materiais onde há incidência de luz natural e particularmente da luz direta do sol. A luz do sol incidindo diretamente mesmo num piso de baixa refletância pode resultar em reflexão de alto brilho (IESNA, 2000). Os acabamentos selecionados para superfícies maiores devem seguir as refletâncias recomendadas (Figura 17). O uso da cor, por outro lado, pode dar vitalidade ou criar pontos de interesse dentro do ambiente visual de escritórios. O contraste de cores pode também criar maior sensação de claridade em ambientes com níveis de iluminação mais baixos.

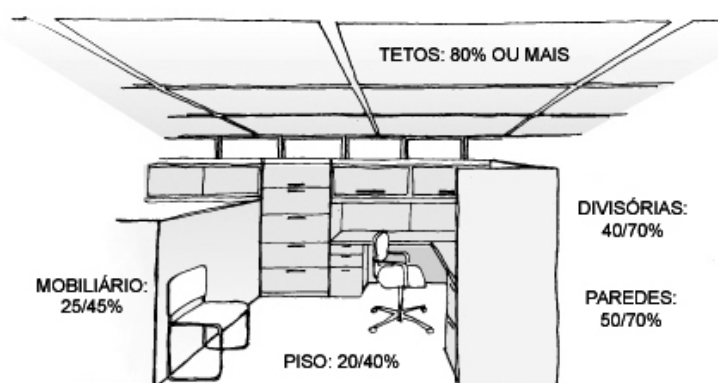


Figura 17 – Refletâncias recomendadas para acabamentos e mobiliário de escritórios (Fonte, IESNA, 2000; tradução do autor).

¹³ Refletância = razão entre o fluxo luminoso refletido numa determinada superfície e o fluxo incidente (NBR5461, 1991).

4.2. TRABALHO NOTURNO E EM TURNOS

De acordo com KROEMER (2001), durante a manhã o organismo humano está voltado para a performance e à noite se volta para a recuperação e reposição de energia. Muitos processos fisiológicos funcionam num ciclo de 24 horas, o ciclo circadiano. Segundo BRIDGER (2003), experimentos têm revelado que vários ritmos fisiológicos de origem aparentemente genética são na verdade regulados por informações provenientes do ambiente. A luz entrando nos olhos é um poderoso mecanismo de modificação da fase e da amplitude do ciclo circadiano nos seres humanos (BOYCE, 2003) embora BRIDGER (2003) ressalte que informações sociais também o influenciem.

Do ciclo circadiano decorre uma variação de performance ao longo do dia. De acordo com BOYCE (2003), pode parecer que a queda de performance durante a noite não é consistente com o fato de que o trabalhador fica exposto à luz artificial neste período mas existem duas questões importantes a serem consideradas. A primeira diz respeito à extensão e à mudança de fase do ciclo fisiológico que dependem de quando e do quanto de luz a que a pessoa foi exposta ao longo do período de 24h. Além disso, exposição à luz do dia não programada pode ocorrer no caminho de ida ou de volta do trabalho e em intensidades muito superiores às usualmente encontradas na iluminação de interior. A segunda questão diz respeito ao fato de que, mesmo com rigoroso controle da exposição à luz do dia, a adaptação à mudança de fase do ciclo demora alguns dias. Segundo BOYCE (2003), “está claro que a adaptação a mudança de fase do ciclo circadiano começa na primeira noite mas só após aproximadamente 15 noites de aproxima de estar completa”¹⁴.

O comprometimento da performance pode ser observado, por exemplo, no tempo de reação, na velocidade em executar cálculos de memória e na memória de curto prazo. De acordo com BOYCE (2003), 10% dos tempos de reação mais curtos à noite são similares ao que se tem durante o dia. No entanto, 10% dos tempos de reação mais longos durante o dia são 20 vezes mais rápidos. Ainda de acordo com BOYCE, este resultado é coerente com um dos efeitos mais comumente observados no trabalho contínuo com privação de sono: a presença de lapsos. Algumas características da tarefa são determinantes na probabilidade da ocorrência de lapsos: longa duração, monotonia e ritmo ditado externamente.

¹⁴ Tradução do autor.

O trabalho em turnos é especialmente comum na indústria de processos. ATWOOD (2004) afirma que combinação da má qualidade do sono (qualidade e quantidade) com desajustes na fase do ciclo circadiano, levam o indivíduo a um estado de sono que afeta todos os aspectos da performance. O desempenho de tarefas visuais e em particular tarefas que dependam de entrada de dados visuais são especialmente sensíveis a privação do sono. Também são usualmente afetadas as tarefas que requeiram tomadas de decisão e julgamento.

O trabalho prolongado em turnos pode ter conseqüências adversas à saúde do trabalhador e perturbar sua vida social (BOYCE, 2003). Fatores sociais podem, além disso, inibir a adaptação à mudança de fase no ciclo. Segundo BRIDGER (2003), muitos indivíduos preferem retornar ao ciclo normal nas folgas e nos fins de semana. Muitos trabalhadores de turno se queixam de isolamento e reclamam da dificuldade em manter a vida familiar e o contato com os amigos e participar de atividades de lazer e/ou comunitárias (KROEMER, 2001).

Se a luz não pode solucionar o problema do trabalho em turnos, pode ao menos agir sobre a maior reclamação dos trabalhadores: a sensação de cansaço acumulado causado pela má qualidade do sono durante o dia. BOYCE (2003) afirma que embora se saiba que é possível rapidamente adaptar ao trabalho em turnos e/ou noturno usando padrões pré-estabelecidos de exposição à luz, esta exposição controlada tem sido raramente usada na prática, pois é difícil assegurar um padrão de exposição de 24 horas nos níveis de intensidade necessários sem que seja comprometido o conforto visual. No entanto, a exposição à luz também pode ser usada para aumentar a atenção e o estado de alerta durante a noite, sem necessariamente mudar a fase do ciclo circadiano, ainda que não exista como prever claramente os efeitos desta exposição à luz à noite e seu impacto na performance.

ATWOOD (2004) recomenda que as empresas contribuam com o operador na sua adaptação ao trabalho em turnos, através da organização do trabalho e do projeto do ambiente. Em relação à iluminação, recomenda que a empresa disponibilize “bright lights”¹⁵, provavelmente uma referência a claridade do ambiente e/ou à exposição a intensidades de iluminação mais elevadas que as habituais à que se refere BOYCE (2003). Segundo ATWOOD, as “bright lights” tem se mostrado uma ferramenta

¹⁵ bright lights = luzes brilhantes, claras (tradução literal do inglês).

importante no ajuste do trabalhador ao trabalho noturno (reduzindo o sono e estimulando a atenção), na melhoria da qualidade e quantidade de sono, no ajuste do ciclo circadiano e na melhoria da performance. ATWOOD enumera, no entanto, algumas desvantagens das “bright lights”: podem ser fonte de ofuscamento em monitores de vídeo, não resultam em melhoria consistente da performance no trabalho noturno, não previnem cochilos no turno da noite e tem difícil aceitação entre os operadores. ATWOOD (2004) recomenda ainda que a iluminação seja adequadamente projetada nas salas de controle e escritórios, pois má iluminação pode levar a fadiga. Recomenda ainda que sejam previstos ajuste da iluminação para redução do ofuscamento e luminárias de tarefa.

4.3. OS DISPLAYS

Nos centros de controle, além dos monitores de vídeo presentes no escritório, pode haver diferentes tipos de displays: mostradores analógicos, luzes de alerta, displays digitais, telas de plasma, *vídeo Walt*, etc. (Figura 18; Figura 19; e Figura 20).

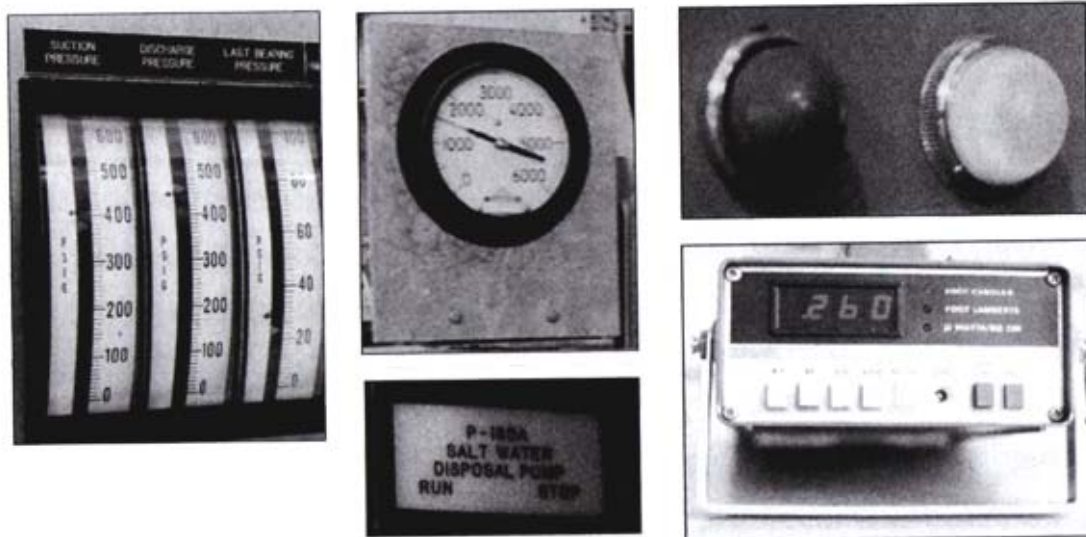


Figura 18 – Tipos mais tradicionais de displays: analógicos, indicadores luminosos e digitais. (Fonte, ATTWOOD, 2004).



Figura 19 – displays incorporados à estação de trabalho de salas de controle: à esquerda consoles tradicionais com monitores CRT; à direita consoles mais modernos com monitores LCD.

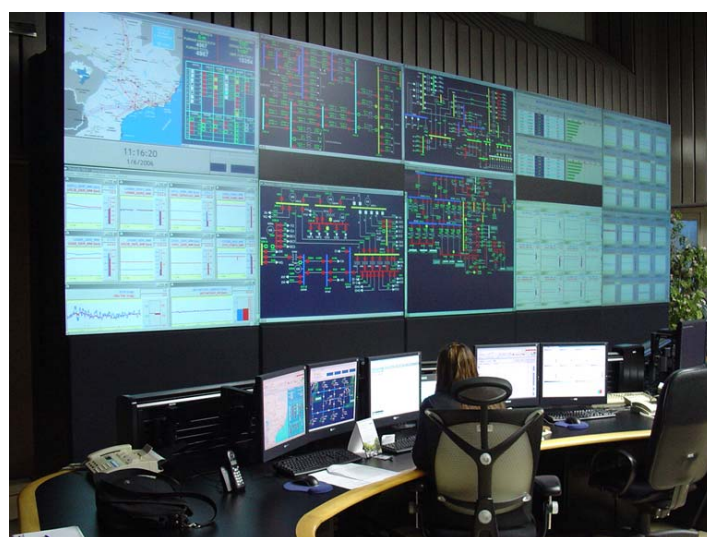


Figura 20 – Display de uso comum do tipo *video wall*.

No que diz respeito à apresentação das informações na tela, o IESNA (2000) sugere que é preferível adotar contraste negativo (letras escuras em fundo claro) para minimizar o ofuscamento refletido. Além disso, telas de reflexão difusa são mais indicadas para reduzir ofuscamento refletido e telas planas protegem melhor do ofuscamento refletido proveniente de janelas e luminárias.

Os monitores LCD (tela de cristal líquido) apresentam grandes avanços em relação aos monitores CRT (tubo de raios catódicos, até então amplamente utilizados). Possuem tela plana, ocupam menor espaço e têm menor peso, apresentam menor consumo de energia, emitem menos calor, são visualmente mais confortáveis para uso prolongado, apresentam vida útil em torno de 40% maior e apresentam maior área útil para a mesma área nominal de um CRT (MELLO, 2002). No entanto, nem todos os

monitores LCD apresentam o mesmo desempenho. A ISO13406-1 (2001) classifica os monitores LCD em relação à direção de visualização e ao controle de reflexão, características essenciais aos displays tanto em escritórios como em salas de controle.

Dependendo da atividade, o display deve permitir adequados limites de ângulo de visão. A ISO13406-1 (2001) define 4 classes de terminais de vídeo LCD, no que diz respeito a sua visualização:

- Classe I - permite que múltiplos usuários visualizem todo o display dentro de um cone de visão de 80° sem redução do desempenho visual. Produz imagem uniforme na tela como um todo e permite movimentos de cabeça. Não é adequada para tarefas que exijam privacidade do usuário;
- Classe II - permite que um único usuário visualize todo o display de qualquer ponto na frente da tela. Produz imagem uniforme na tela como um todo e permite movimentos de cabeça. Não é muito adequada para tarefas que exijam privacidade do usuário;
- Classe III - permite que um único usuário visualize todo o display de um ponto de vista fixo na frente do centro da tela. Produz imagem uniforme na tela como um todo mas não permite movimentos de cabeça. Adequada para tarefas que exijam privacidade do usuário e baixo consumo de energia;
- Classe IV - permite que um único usuário visualize o centro do display de um ponto de vista fixo na frente do centro da tela. Requer que o usuário ajuste a inclinação e rotação do display para obter imagem de aparência uniforme e não permite movimentos de cabeça. Bastante adequada para tarefas que exijam privacidade do usuário e baixo consumo de energia.

Uma das formas de minimizar o ofuscamento é a utilização de displays com controle de reflexão apropriado. Dependendo do sistema de iluminação utilizado e tendo em vista a presença de reflexões, o contraste do objeto da tarefa com o fundo de tela deve ser maior. Baseada nisto, a ISO13406-1 (2001) apresenta 3 classes de terminais de vídeo LCD no que diz respeito à reflexão:

- Classe I, de melhor desempenho e adequada para escritórios em geral;
- Classe II, adequada para alguns mas não todos os ambientes de escritórios;
- Classe III, que requer especial controle da iluminação do ambiente.

4.4. ILUMINAÇÃO

O projeto de iluminação propriamente dito parte de uma definição conceitual que envolve tanto questões objetivas (visibilidade, saúde, segurança, etc) como questões subjetivas (percepção do espaço, conforto, etc). Dependendo dos objetivos estabelecidos para o projeto, são definidas as estratégias mais adequadas. A luz pode concentrar ou distrair, definir percursos, expor ou esconder texturas, revelar formas. FLYNN¹⁶ (1977 apud EGAN, 2001) relacionou padrões de distribuição da luz com a impressão subjetiva pretendida (Figura 21), que podem ser usados para definir as características do sistema de iluminação mais apropriadas.

impressão visual subjetiva	clareza ("clarity")	ampliação ("spaciousness")	relaxamento ("relaxation")	intimidade ("intimacy")	agradabilidade ("pleasantness")
características da iluminação					
maior clareza					
menor clareza na área de ocupação					
lâmpadas com temperatura de cor morna					
lâmpadas com temperatura de cor fria					
ênfase na iluminação do perímetro	pouco	uniforme	não uniforme	alto brilho	
iluminação não uniforme					
clareza e uniformidade no plano horizontal de trabalho		central			

Figura 21 – Relação entre características da iluminação e impressões subjetivas (Fonte: FLYNN, 1977 apud EGAN, 2001; tradução do autor).

Uma vez estabelecidas as estratégias de projeto, são desenvolvidas as especificações técnicas que permitirão a execução do projeto.

4.4.1. Níveis de iluminância

O critério mais utilizado para projetar a iluminação de um ambiente de trabalho é a iluminância média na superfície da tarefa, no caso do escritório o plano

¹⁶ FLYNN, J. E. "A study of subjective responses to low energy and nonuniform lighting systems". Lighting Design & Application, pp. 8, february/1977.

horizontal na altura da mesa (BOYCE, 2003). No entanto, estabelecer um nível de iluminância geral para a execução de qualquer tarefa em todo o espaço não é desejável nem para a conservação de energia, nem para a criação de ambientes de trabalho mais estimulantes. A melhor maneira de empregar critérios de iluminância é dividindo a iluminação em zonas - iluminação geral, iluminação periférica, iluminação de destaque, iluminação de tarefa, etc. (STEFFY, 1995) – com diferentes circuitos para controle da iluminação e *dimmers*, integrados com a arquitetura e com o layout do mobiliário (IESNA, 2000).

A norma brasileira NBR 5413 (ABNT, 1992) estabelece valores de iluminância médios mínimos em serviço para iluminação artificial, a partir dos quais é feita a fiscalização dos ambientes de trabalho:

- Atividades conversacionais com terminais de vídeo: 300lux
- Atividades que envolvam leitura de documentos para digitação: 300 a 750lux, dependendo da idade do usuário, da velocidade e precisão da tarefa e da refletância do fundo da tarefa.

Já a Norma Regulamentadora NR17 (MTE, 1992) estabelece parâmetros que permitem a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, mecanismo pelo qual o auditor-fiscal do trabalho pode solicitar uma análise ergonômica, quando julgar que se tratem de atividades complexas. No que diz respeito à iluminação, a NR17 (MTE, 1992) estabelece alguns princípios gerais que já configuram inovações consideráveis em relação à NBR 5413 citada:

“17.5.3.1. A iluminação geral deve ser uniformemente distribuída e difusa.

17.5.3.2. A iluminação geral ou suplementar deve ser projetada e instalada de forma a evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos”.

Experimentos indicam que a iluminância no plano de tarefa preferida em escritórios informatizados gira em torno de 500lux mas a grande variedade individual, sugere a necessidade de utilizar luminárias de controle individual para permitir adequação deste nível a cada indivíduo (BOYCE, 2003). O IESNA (2000) recomenda para escritórios, com uso intenso de monitores, a iluminância de 300lux no plano horizontal e de 50lux no plano vertical. No entanto, sugere que a seleção dos níveis de iluminância deve ser baseada tanto na pesquisa de desempenho visual como na experiência de projeto. Para o IESNA (2000), o conhecimento da tarefa é fundamental

e, sempre que possível, deve ser conduzida pesquisa com os futuros ocupantes para melhor compreensão da atividade e da população de trabalhadores.

De uma forma geral, a necessidade de maiores níveis de iluminância está associada a baixo contraste, pequenas dimensões dos detalhes da tarefa, menor luminância do fundo e longa duração da tarefa. A idade do observador também é um fator importante, pois na medida em que o indivíduo envelhece, precisa de maior nível de iluminância. Uma pessoa de aproximadamente 50 anos precisa do dobro de iluminância na tarefa do que um jovem com idade em torno de 20 anos, para que a mesma quantidade de luz atinja sua retina (IESNA, 2000).

STEFFY (1995) apresenta sugestões mais específicas que variam de acordo com as características das atividades, do sistema utilizado e da população de trabalhadores (Tabela 1). Citando como exemplo uma atividade conversacional em tela com fundo claro, consulta pouco freqüente a documentos de boa qualidade de impressão e usuários com 40 anos ou mais, a iluminância no plano horizontal da tarefa recomendada é de 100lux, a iluminância média recomendada para os planos verticais do ambiente é de 100lux e a iluminância média horizontal do ambiente é de 75lux, valores estes bastante inferiores às recomendações citadas anteriormente.

Por outro lado, o IESNA (2000) salienta que elevar a iluminância do posto de trabalho acima de 500lux para tarefas em papel pode resultar em conflito entre as proporções recomendadas de luminância e só deve ser considerada quando cópias de baixa qualidade ou letras pequenas estiverem envolvidas. Exemplo: tela com contraste médio de 50cd/m² e papel com refletância de 80% e iluminado em 750lux resulta em proporção de 1:4, entre luminância da tarefa e do monitor, o que está acima da recomendação.

4.4.2. Qualidade da iluminação

Como visto anteriormente, para HOPKINSON (1963), a primeira questão que se coloca num projeto de iluminação é quantitativa – o nível de iluminância que deve ser oferecido numa área de trabalho – apresentado no item anterior. A segunda questão seria a qualidade da luz, a forma de como disponibilizá-la sem provocar desconforto. Finalmente, existe a questão de como atingir estes objetivos funcionais e ainda proporcionar um ambiente visual agradável e atrativo. BOYCE (2003) destaca entre os muitos diferentes aspectos da iluminação que podem causar o desconforto visual os seguintes: quantidade de luz (falta ou excesso), ofuscamento, reflexões, uniformidade, sombras e intermitência¹⁷.

ROBBINS (1986) define ofuscamento como a condição de visão na qual há desconforto ou redução da capacidade de distinguir detalhes ou objetos, devidos à distribuição desfavorável das luminâncias, ou ao contraste excessivo. O ofuscamento é uma resposta subjetiva, diferente para cada indivíduo. ROBBINS define ainda tipos de ofuscamento que diferem pela sua origem e pelo seu efeito. Pela sua origem:

- Ofuscamento direto é causado por fontes de luz situadas no campo visual, particularmente por aquelas situadas próximas ao eixo de visão.
- Ofuscamento refletido é causado por reflexões, particularmente quando as imagens refletidas aparecem na mesma direção ou numa direção próxima do objeto observado.

Pelo seu efeito:

- Ofuscamento perturbador (*discomfort glare*) que causa desconforto visual, sem necessariamente prejudicar a visão dos objetos.
- Ofuscamento desabilitador (*disability glare*) que enfraquece a visão dos objetos, sem necessariamente causar desconforto visual.

¹⁷ Intermitência (*flicker*): impressão de instabilidade da sensação visual, devida a estímulo luminoso cuja luminância ou a distribuição espectral flutuam com o tempo (ABNT, 1991).

A ISO 9241-6 (1999) apresenta um resumo das ações que podem minimizar o ofuscamento por reflexão em ambientes de trabalho com monitores de vídeo (Figura 22).

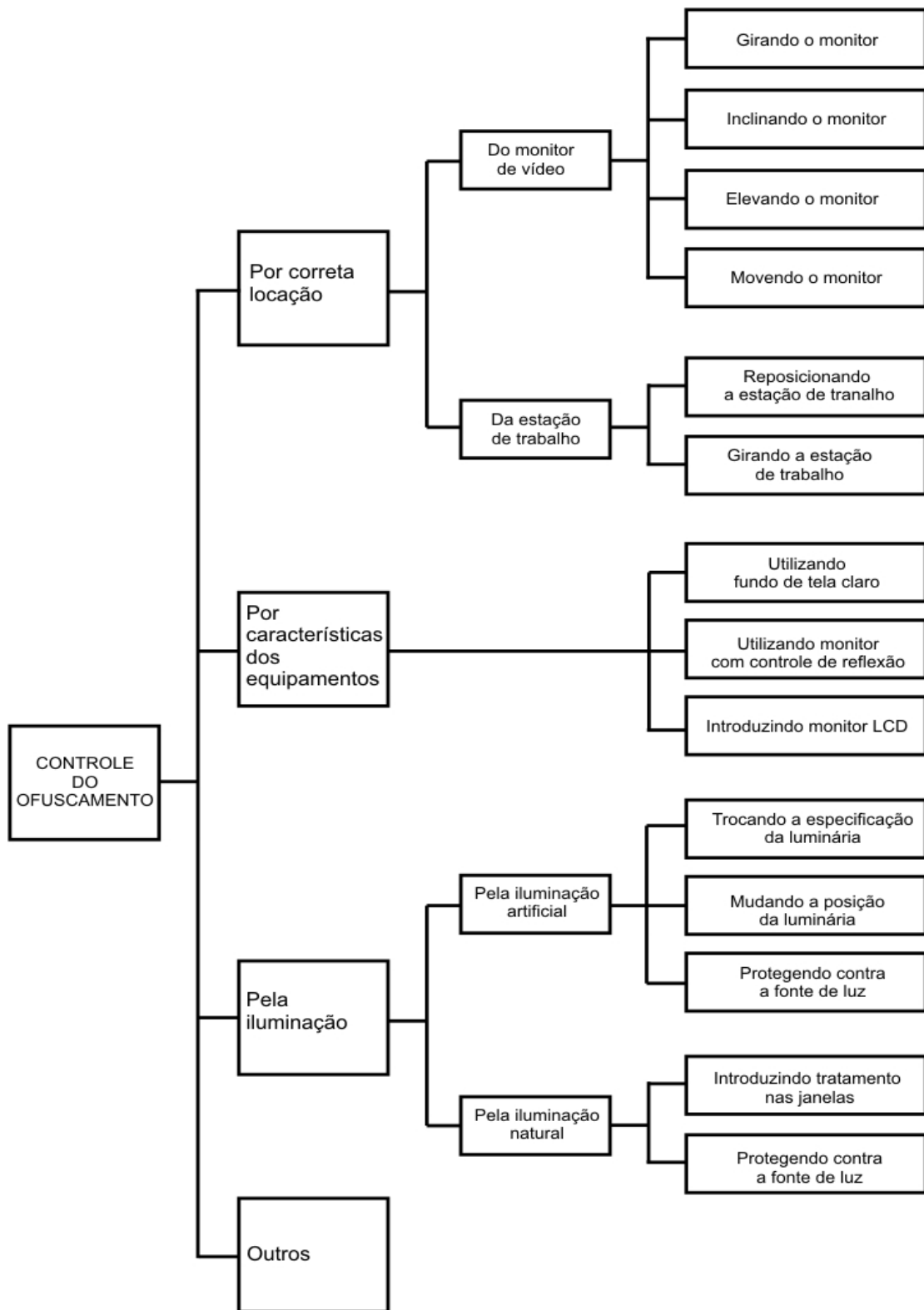


Figura 22 - Métodos para prevenção do ofuscamento por reflexão.
(Fonte: ISO 9241-6, 1999; tradução do autor).





Para BOYCE (2003) não existe clara definição do que é qualidade da iluminação. A definição que lhe parece mais aplicável é que a qualidade da luz é resultado de uma instalação que contorna as limitações (orçamentos reduzidos, prazos de execução reduzidos, restrições ao projeto) e atinge os objetivos (desempenho de determinadas tarefas, conforto visual) estipulados pelo cliente e pelo projetista. A boa iluminação - que favorece o desempenho visual, elimina o desconforto e eleva o espírito - conforme classificação citada anteriormente, é uma conjugação do talento de um arquiteto com a criatividade de um projetista de iluminação, que não se deixa escravizar por critérios numéricos estabelecidos por recomendações.

Num sentido mais amplo a qualidade da iluminação deve considerar as variações individuais na percepção de conforto visual e as impressões subjetivas da iluminação que modificam a percepção do espaço (FARACO, 2006). A luz não é responsável apenas pelo estímulo físico que permite o desempenho de tarefas visuais, mas influencia também impressões subjetivas dos indivíduos nos ambientes dos quais participam (IESNA, 2000). De acordo com FLYNN¹⁸ (apud GORDON, 1995), cinco diferentes impressões subjetivas parecem estar diretamente relacionadas à intensidade, uniformidade e posicionamento das luminâncias: clareza (*visual clarity*), amplitude (*spaciousness*), agradabilidade (*preference*), relaxamento (*relaxation*) e intimidade (*intimacy*). STEFFY (2002) nomeia esta ampliação do conceito de conforto como *visual environment pleasantness*. Para ele é fundamental assegurar que o ambiente de trabalho seja visualmente agradável uma vez que disto resulta melhor ânimo dos indivíduos, melhor comunicação, maior auto-estima e conseqüentemente maior produtividade.

O IESNA, por outro lado, introduz no ano de 2000 um sistema formal de recomendações (Tabela 2) onde destaca os critérios de qualidade da iluminação que considera mais importantes para cada aplicação.

¹⁸ FLYNN, John, SPENCER, Terry, MARTYINIUK, Osyp & HENDRIC, Clyde. "Interim Study of Procedures for investigating the effect of light on impression and behavior". **Journal of the Illuminating Engineering Society**, n. 3, p. 87-94, October/1973.

Tabela 2 - Critérios de projeto relativos à qualidade da iluminação em ambientes com uso de displays (Fonte: IESNA, 2000).

Fatores que contribuem para a QUALIDADE DA LUZ	 muito importante	 importante	 razoavelmente importante	 não importante ou não aplicável
QUESTÕES DE PROJETO				
aparência do espaço e das luminárias				
aparência da cor e contraste de cor				
integração e controle da luz natural				
controle do ofuscamento direto				
controle de intermitência (<i>flicker</i>)				
distribuição da luz nas superfícies				
uniformidade da luz no plano de trabalho				
luminâncias das superfícies				
modelagem de faces e objetos				
focos de interesse				
controle de ofuscamento refletido				
sombras				
geometria fonte de luz/tarefa/olho				
Sparkle/Desirable Reflected Highlights				
características das superfícies				
sistema de controle da iluminação				
flexibilidade para mudanças de layout				
aspectos acústicos das luminárias				
iluminância horizontal				
valor (lux)				
iluminância vertical				
valor (lux)				
ESCRITÓRIOS PANORÂMICOS				
com uso intenso de monitores				300
com uso ocasional de monitores				50
ESCRITÓRIOS PRIVATIVOS				500
ÁREAS INDUSTRIAIS				
com uso de <i>displays</i>				100

Tomando como referência os escritórios panorâmicos com uso intenso de displays – melhor caracterização dos centros de controle neste sistema – as questões qualitativas mais importantes segundo o IESNA (2000) são:

- Controle do ofuscamento direto
 - Proveniente do teto – a escolha da luminária deve limitar o ofuscamento nos ângulos de visão freqüentes.
 - Iluminação individual de tarefa – a fonte de luz não deve ser visível nem pelo usuário nem pelos trabalhadores vizinhos.

- Luminâncias das superfícies
 - Espaçamento das luminárias – a uniformidade da distribuição da luz no plano de trabalho depende do adequado espaçamento das luminárias; na presença de divisórias altas ou à meia altura, o espaçamento deve ser reduzido.
 - Seleção da luminária – evitar luminárias de fecho fechado, especialmente se estiverem produzindo sombras na parte superior da parede.
 - Estação de trabalho – evitar grandes diferenças de luminâncias entre o plano de trabalho e as superfícies adjacentes que estiverem dentro do

campo de visão do usuário.

- Tampo da mesa – prover iluminância uniforme no tampo, se possível permitindo ao ocupante controle do nível de iluminação usando reatores dimerizáveis.
- Acabamentos das superfícies – refletâncias acima de 80% para o teto e entre 50/70% para parede aumentam as inter-reflexões e ajudam a reduzir o contraste entre luminárias e teto.

- Controle de ofuscamento refletido

Displays com adequado controle de reflexão e fundo de tela claro são preferíveis; as telas não devem estar orientadas para janelas.

- Geometria fonte de luz/tarefa/olho

As relações geométricas entre o usuário, as luminárias e a tarefa, são críticas para a visibilidade da tarefa.

No caso específico das salas de controle, é importante que sejam consideradas ainda algumas questões qualitativas específicas, em função do maior número de displays e do trabalho em turnos que a atividade envolve. A quantidade de displays torna mais complexa a geometria fonte de luz/tarefa/olho. Além do posicionamento das fontes de luz devem ser considerados os displays da estação de trabalho (Figura 23) e os displays de uso comum (Figura 24).

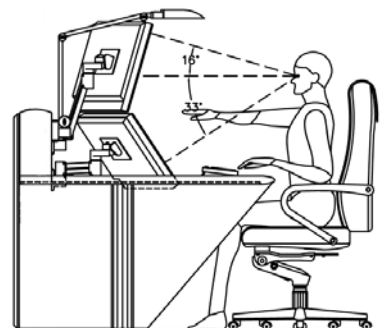


Figura 23 – Geometria tarefa em displays na estação de trabalho/olho na sala de controle.
(Fonte: catálogo de fabricante).

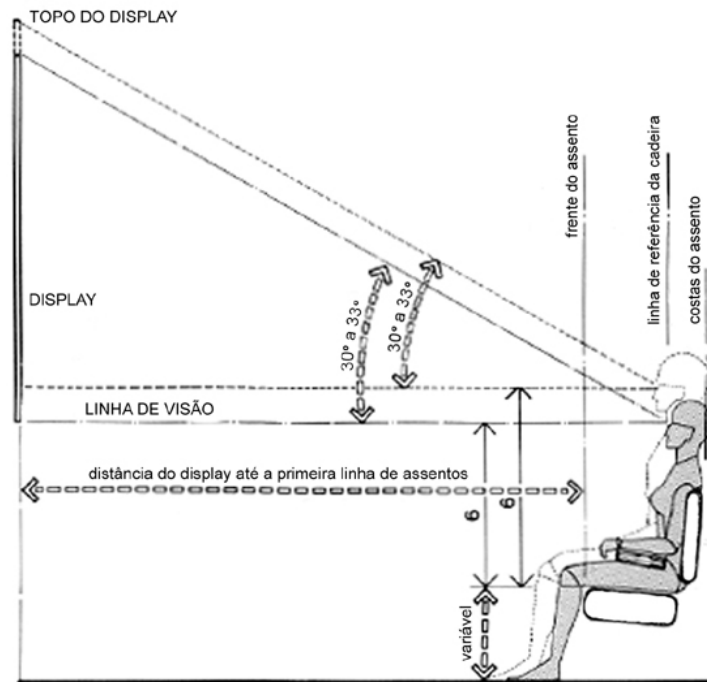


Figura 24 – Geometria tarefa em display de uso comum/olho na sala de controle.
(Fonte: catálogo de fabricante).

4.4.3. Seleção das fontes de luz

Pela escolha da fonte de luz, o projetista determina o espectro da luz que será usado na iluminação do escritório ou sala de controle, o que influenciará na aparência do espaço em si e na aparência das pessoas que o ocupam. Primeiro é preciso definir a proporção da combinação de luz natural e artificial, para então definir a fonte de luz artificial que será usada (BOYCE, 2003).

4.4.3.1. Luz natural

Escritórios representam uma excelente oportunidade de utilizar luz natural uma vez que sua ocupação se dá geralmente durante o dia, quando a luz natural está disponível, e pode resultar em substancial economia de energia (EGAN, 2001). No entanto, a combinação da luz natural e artificial, como visto anteriormente (Item 4.1), deve ser estudada em conjunto com o projeto de Arquitetura e o projeto de Interiores para assegurar os necessários cuidados em relação a ofuscamento e reflexões.

A luz natural pode atingir o interior do ambiente de trabalho de diversas formas (Figura 25): diretamente do sol ou do céu (abóbada celeste), indiretamente refletida pelas edificações ou pavimentações externas, ou indiretamente refletida pelas superfícies internas (IESNA, 2000). Mesmo quando a componente direta da luz

do sol não está presente no ambiente, podem ocorrer ofuscamento e reflexões resultantes da componente refletida, como por exemplo, numa edificação exterior de cor clara que receba a luz direta do sol.

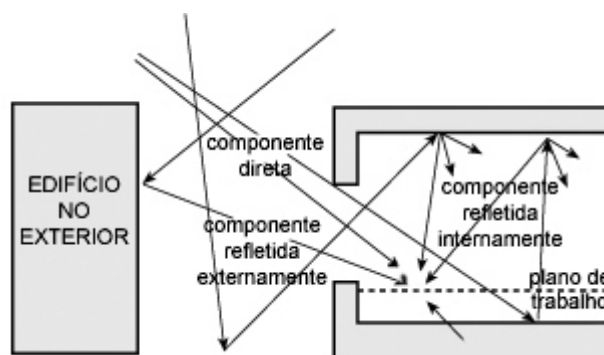


Figura 25 – Componentes da luz natural (Fonte, IESNA, 2000; tradução do autor).

De acordo com o IESNA (2000), para adequado aproveitamento da luz natural é importante que a situação seja avaliada em diversos aspectos:

- Avaliar o balanceamento de luminâncias e iluminâncias resultantes da interferência da luz natural no ambiente. A luz natural deve ser avaliada no mínimo nas altitudes solares correspondentes aos solstícios e equinócios, no início do dia, ao meio dia e no entardecer.
- Verificar se a luz do sol atingirá áreas de onde deveria ser excluída e neste caso determinar as modificações necessárias nas janelas e/ou especificar controles para sombreamento fixos ou móveis.
- Avaliar se a luz natural poderá ser usada como componente da iluminação, combinada com a luz artificial.

Para simulação do comportamento da luz natural podem ser usados modelos físicos (maquetes físicas) ou eletrônicos (maquetes eletrônicas). A simulação lumínica permite investigar: o percurso solar em relação ao edifício e aos meios circundantes, a penetração e distribuição da luz natural direta e difusa, níveis de iluminância, contraste e ofuscamento e o comportamento da luz em determinada abertura e/ou em elementos de proteção solar (ROCHA, 2006).

4.4.3.2. Luz artificial

A seleção da fonte de luz artificial mais apropriada depende da importância da qualidade da reprodução da cor, do custo inicial, do custo de manutenção e do custo de energia (IESNA, 2000).

Dois variáveis relacionadas à distribuição espectral da fonte de luz devem ser consideradas na escolha da fonte de luz artificial:

- Aparência da cor (temperatura de cor correlata ou TCC) – medida da aparência da fonte de luz branca (morna ou fria) baseada em graus Kelvin (BERNECKER, 2006) , fria (acima de 5000K), neutra (em torno de 4000K) e morna (em torno de 3000K).
- Índice de reprodução da cor (IRC) – medida da qualidade da renderização de cores pela fonte de luz, baseada numa escala de 0 a 100% e destinada a comparar apenas fontes de luz de mesma aparência de cor (BERNECKER, 2006).

O IESNA (2000) considera que a preferência dos usuários pela aparência da cor tem grande influência cultural e climática e por isso é difícil estabelecer recomendações neste sentido. BERNECKER (2006), por outro lado, considera que a aparência de cor pode ser usada para prover diferentes atmosferas:

- Ambiente relaxante < 3200 K (morna)
- Ambiente de trabalho > 4000 K (neutra a fria)

Em relação à reprodução da cor, o IESNA (2000) recomenda que seja igual ou superior a 70% ou, quando a definição da cor for uma questão crítica para execução das tarefas, igual ou superior a 85%. A ISO 11064-6 (2005), por outro lado, recomenda para centros de controle lâmpadas com IRC superior a 80%.

De acordo com BOYCE (2003), a fonte de luz artificial mais usada em escritórios é a lâmpada fluorescente. Lâmpadas incandescentes ou lâmpadas de vapor metálico são usadas mais raramente. A incandescente porque tem eficiência luminosa e vida menor, o que encarece o custo de manutenção da instalação. A lâmpada de vapor metálico é raramente usada porque, para atender a critérios de eficiência luminosa, precisa ser utilizada em modelos de potência alta o que exige pé-direito mais elevado (maior de 3,00m, o que não é comum em escritórios), sem o que não respeitaria os limites de luminância recomendados. Felizmente existe hoje uma

grande variedade de lâmpadas fluorescentes disponíveis no mercado, em diferentes tamanhos, formatos e distribuição espectral.

Para evitar a percepção da tremulação proveniente de lâmpadas fluorescentes - o efeito de intermitência (*flicker*) – deve-se optar por reatores eletrônicos em vez dos tradicionais reatores magnéticos (IESNA, 2000).

4.4.4. Seleção de luminárias

De uma forma geral as luminárias podem ser classificadas em quatro tipos de acordo com a intensidade das suas componentes direta e indireta (Figura 26).

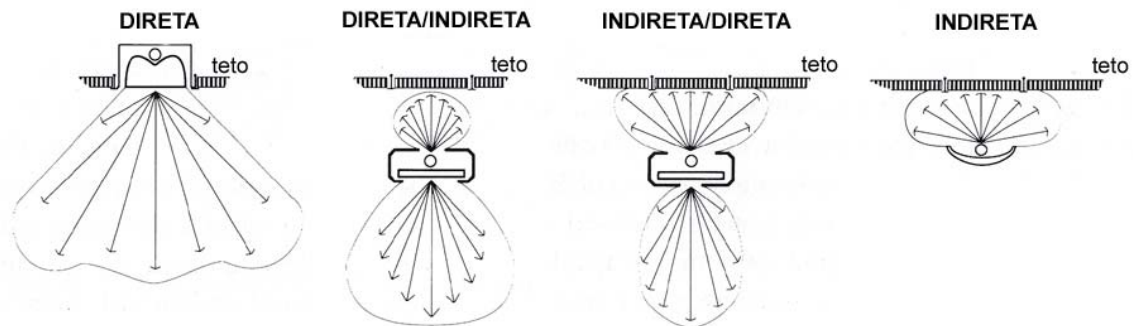


Figura 26 – Classificação das luminárias quanto à distribuição da luz.
(Fonte: STEFFY, 1995).

As luminárias diretas enfatizam as superfícies de trabalho e o piso. Têm razoável compatibilidade com *displays*, desde que respeitados os limites de luminância recomendados. Apresentam alto potencial de ofuscamento quando utilizam lentes ou difusores brilhantes. Resultam em teto mais escuro, e podem causar sombras fortes no ambiente e nos planos verticais junto ao teto (EGAN, 2001).

As luminárias indiretas enfatizam o teto. Têm boa compatibilidade com *displays*, desde que respeitados os limites de luminância do teto. Apresentam baixo potencial de ofuscamento, desde que a luminária tenha acabamento de cor clara. Podem provocar manchas claras no teto se estiverem muito afastadas. Suavizam as sombras, mas podem resultar em ambiente monótono (EGAN, 2001).

As luminárias diretas/indiretas ou indiretas/diretas resultam em ênfase balanceada. Têm excelente compatibilidade com *displays*, desde que respeitados os limites de luminância da luminária e da luminância do teto. Apresentam médio potencial de ofuscamento quando a componente direta não tem controle ótico

adequado. A combinação das componentes direta e indireta permite melhor balanceamento da luminância do teto com a luminância da luminária. Podem provocar manchas claras no teto se estiverem muito afastadas (EGAN, 2001). REA (1991) recomenda as luminárias do tipo direto/indireto para ambientes com uso intenso de *displays*, porque a luz difusa proporcionada por estas luminárias suaviza as sombras no ambiente, reduz o contraste subjetivo com as imagens refletidas e permite produzir um nível de iluminância relativamente alto, sem produzir reflexões muito intensas da luminária no monitor.

Nas luminárias diretas a utilização de *louver* parabólico permite precisão no controle da luminância da luminária. Aletas formam uma colméia de células abertas com paredes de formato parabólico que funcionam como refletores (Figura 27). Colméias menores são geralmente de plástico aluminizado. Colméias maiores são geralmente fabricadas em alumínio com acabamento em alto brilho ou acetinado. As aletas de alto brilho estabelecem ângulos de *cut-off* (Figura 28) precisos, ao contrário das aletas de acabamento acetinado que, além disso, tendem a acumular mais poeira. No entanto, as aletas de alto brilho podem ocasionar reflexões nos monitores. Informações sobre a especularidade das aletas e o ângulo de *cut-off* não costumam estar incluídas nas especificações técnicas das luminárias, mas o desempenho resultante da luminária pode ser avaliado através dos dados fotométricos que são fornecidos por fabricantes (IESNA, 2000). No Brasil, no entanto, nem todos os catálogos apresentam este tipo de informação.

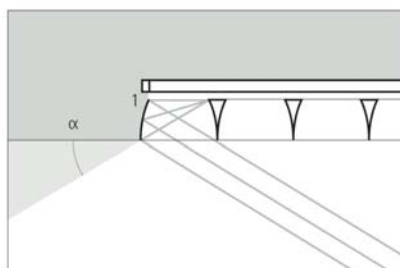


Figura 27 – Aletas parabólicas (Fonte: GANSLANDT, 1992).

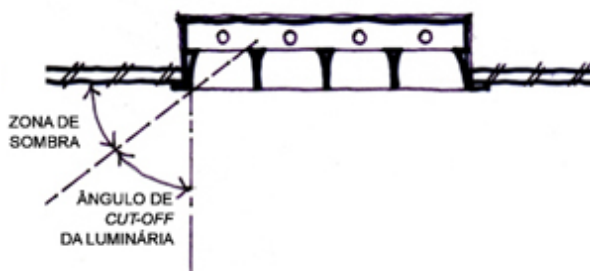


Figura 28 – Ângulo de *cut-off* da luminária (ilustração do autor).

Para controle do ofuscamento, o IESNA (2000) estabelece limites de luminância para luminárias diretas nos ângulos entre 55 e 85 graus com a normal (Figura 29). Conforme apresentado, para ambientes com uso intenso de *displays* é desejável respeitar os valores de luminância média recomendada ao invés dos limites de luminância média permitida, mais adequada para ambientes com uso eventual de *displays*. REA (1991) apresenta, além dos limites de luminância estabelecidos pelo IESNA, considerações sobre ofuscamento refletido, relacionando o ângulo de *cut-off* da luminária, a partir do qual não há distribuição de luz direta pela luminária, com o ângulo de inclinação do monitor. Quanto maior a inclinação do monitor, maior é a exposição á reflexões provenientes do teto e menor deve ser o ângulo de *cut-off* da luminária. Os valores das luminâncias médias são obtidos em laboratório e estão relacionados à geometria, ao acabamento da luminária e as lâmpadas utilizadas. Embora valores de luminância média da luminária sejam críticos para às recomendações de iluminação, de fato são os valores máximos de luminância os mais representativos do potencial de ofuscamento refletido. No entanto, não há ainda método confiável para a medição desta variável (IESNA, 2000).

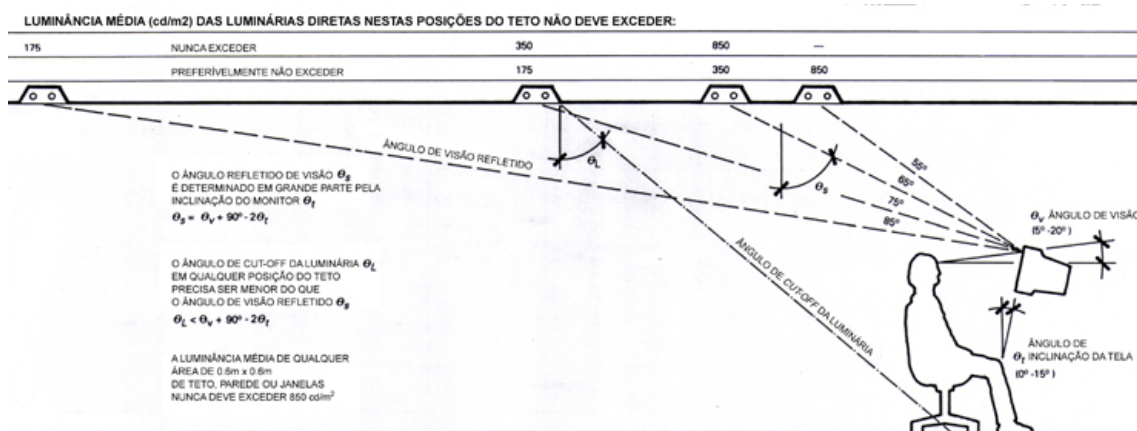


Figura 29 – Limites de luminâncias nos ângulos entre 55 e 75 graus com a normal à luminária (Fonte: REA, 1991).

BERNECKER (2006) apresenta novas recomendações para controle de ofuscamento proveniente de luminárias diretas, baseadas na intensidade luminosa máxima (Tabela 3), informação fornecida pelos fabricantes nas curvas de fotométricas (Figura 30).

Tabela 3 - Limites de intensidade luminosa nos ângulos entre 50 e 90 graus com a normal à luminária (Fonte: BERNECKER, 2006)

ÂNGULO COM A VERTICAL (em graus)	INTENSIDADE LUMINOSA MÁXIMA DA LUMINÁRIA	
	P/ USO INTENSO DE DISPLAYS (em cd)	P/ USO EVENTUAL DE DISPLAYS (em cd)
55°	300	-
65°	220	300
75°	135	185
85° ou mais	45	60

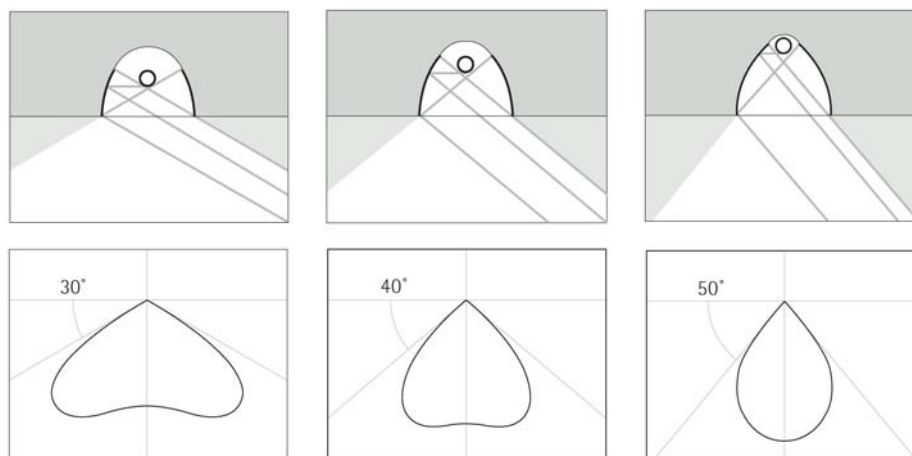


Figura 30 – diferentes luminárias e suas curvas fotométricas: representação da intensidade luminosa e ângulos de sombreamento resultantes da sua geometria (Fonte: GANSLANDT, 1992).

Para luminárias diretas em centros de controle, a ISO 11064-6 (2005) faz recomendações específicas quanto ao controle de reflexão dos displays (Item 4.3) e da luminária, quando algumas tarefas envolverem fundos de tela escuros (contraste negativo) nos displays:

- Displays com telas do tipo I e II quanto ao controle de reflexão – tratamento bom ou regular: luminância máxima da luminária = 1000cd/m^2
- Displays com telas do tipo III quanto ao controle de reflexão – tela sem tratamento: luminância máxima da luminária = 200cd/m^2

No Brasil, a forma comum dos fabricantes apresentarem o desempenho das luminárias diretas em relação ao ofuscamento é o sistema de curvas de luminâncias ou Diagrama de Söllner (Figura 31) que se aplica a luminárias embutidas (sem lados luminosos) e alongadas (com comprimento maior que o dobro da sua

largura). OSTERHAUS (2005) afirma, no entanto, que o sistema de curvas de luminâncias está ultrapassado em relação à atual tecnologia da iluminação e representa particular fonte de erro na avaliação de luminárias com *louver* de alto brilho.

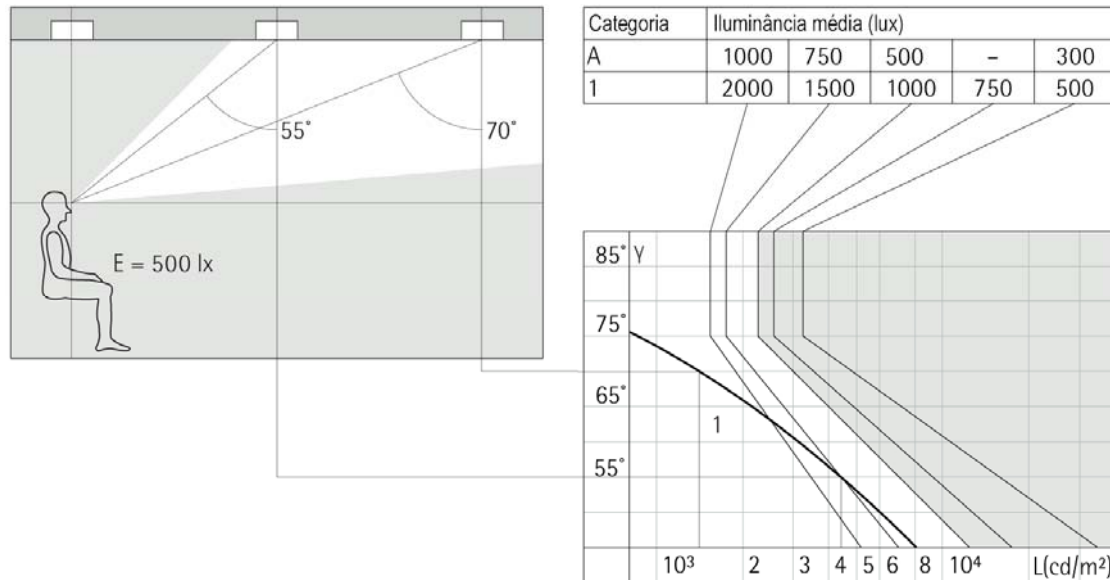


Figura 31 – Sistema de Curvas de luminâncias - a curva 1 representa os valores das luminâncias. Os limites variam de acordo com a iluminância média, indicada na tabela acima. A área escurecida do diagrama representa os limites de luminância de uma luminária categoria A para iluminância de 500lux. (Fonte: GANSLANDT, 1992)

A predição de ofuscamento, especialmente o proveniente de luminárias, pode ser feita através de cálculo. De acordo com BOYCE (2003), atualmente são 3 os principais sistemas de predição de desconforto visual em uso: o VCP (Visual Discomfort Probability) é usado na América do Norte; o Glare Index foi desenvolvido na Inglaterra; o UGR (Unified Glare index) combina aspectos dos dois sistemas e foi adotado pela comissão europeia CIE (Commission Internationale de L'eclairage) em 1995.

O UGR combina em sua fórmula valores da luminância, tamanho e locação da fonte de ofuscamento e valor da luminância do fundo:

$$UGR = 8 \log_{10} (0,25 / L_B) \sum [(L_S)^2 \cdot \omega / p^2]$$

L_B – luminância do fundo, excluindo a contribuição das fontes de ofuscamento (em cd/m^2).

L_S – luminância da fonte de ofuscamento (em cd/m^2).

ω – o ângulo sólido formado pelo olho do observador e a fonte de ofuscamento (em esterradianos)

p – Índice de Guth – posição da fonte de ofuscamento em relação à linha de visão

Os valores de UGR variam de 10 (ausência de desconforto visual) a 30 (desconforto visual significativo). De acordo com OSTERHAUS (2005), experiências sugerem que este sistema é confiável para iluminação artificial, mas não deve ser utilizado quando a luz natural tem participação significativa na iluminação do ambiente. Além disso, este sistema não é adequado para fontes de ofuscamento pontuais nem para fontes de alta complexidade.

A ISO 11064-6 (2005) recomenda UGR igual ou inferior a 19 para todos os postos de trabalho que compõe o ambiente da sala de controle. O IESNA (2000) adota o sistema VCP, mas considera que valores das luminâncias médias das luminárias em ângulos específicos (como apresentado na Figura 29) são mais valiosos.

Quando são usadas luminárias indiretas, diretas/indiretas ou indiretas/diretas em ambientes com uso intenso de displays o IESNA (2000) recomenda que:

- A luminância máxima do teto não deve exceder 850cd/m^2 ;
- A luminância máxima do teto não deve ultrapassar 10 vezes a luminância do monitor;
- A uniformidade de luminância do teto deve respeitar a proporção de 8:1 entre a área imediatamente acima da luminária (tipicamente a mais clara) e a área entre as luminárias (tipicamente a mais escura). A proporção de 4:1 é desejável;
- Se a luminância máxima do teto for inferior a 425cd/m^2 , reflexões não deverão ser visíveis e a uniformidade do teto não será um fator importante.

Já a ISO 11064-6 (2005) apresenta valores diferentes para as recomendações referentes a luminárias indiretas em centros de controle:

- Luminância do teto e das superfícies iluminadas diretamente devem estar dentro dos seguintes limites: a luminância média não deve exceder 500cd/m^2 ;
- Luminância máxima não deve ultrapassar 1500cd/m^2 ;
- Luminância deve manter relativa uniformidade, variando gradativamente ao longo destas superfícies.

4.4.5. Distribuição das luminárias e zoneamento da iluminação

Os sistemas de iluminação artificial usados em escritórios geralmente consistem numa malha regular desenhada para prover iluminação uniforme em todo o

ambiente. Este tipo de distribuição é popular porque permite maior flexibilidade do layout, que pode ser modificado sem que seja necessária alteração da posição das luminárias. Malhas regulares de luminárias diretas, indiretas ou diretas/indiretas podem resultar em diferentes aparências do ambiente de escritórios, mas a adoção de sistemas de iluminação direto/indireto não é a única forma de solucionar a iluminação do ambiente de escritórios. A baixa iluminância das paredes provocada por luminárias diretas, pode ser contrabalançada pela utilização de iluminação periférica (*wall-washer*). Para reduzir as sombras e reflexões no plano de trabalho, podem ser usadas luminárias de tarefa. Da mesma forma, quando utilizado o sistema indireto, pode ser empregada iluminação de destaque para reduzir a sensação monótona da iluminação (BOYCE, 2003).

Para STEFFY (1995), e como visto no item 4.4.1, a iluminação deve ser distribuída em zonas - iluminação geral, iluminação periférica, iluminação de destaque, iluminação de tarefa - em benefício da conservação de energia e da criação de ambientes de trabalho mais estimulantes.

De forma semelhante, o IESNA (2000) considera que utilizar luminárias de baixa luminância pode resolver problemas técnicos associados com o ofuscamento em monitores, mas eliminar o ofuscamento não assegura por si só um ambiente de trabalho agradável. São necessárias estratégias adicionais para criar apropriada percepção do brilho e sensação de bem estar. O IESNA acrescenta ainda que contrastes de cor e de luminosidade das superfícies são necessários para a visão. Como visto no item 4.1, as grandes variações de brilho é que podem ser problemáticas. A iluminação precisa prover boa visibilidade sem ofuscamento perturbador. O ofuscamento direto e indireto precisa ser evitado, embora seja importante prover variação suficiente de cor e luminosidade para criar um ambiente estimulante e atrativo. As luminâncias entre as áreas mais próximas e mais afastadas da tarefa devem ser balanceadas com a iluminação da tarefa em si. Duas questões relativas á função visual estão relacionadas a esta proporção de luminâncias: a adaptação ao claro e ao escuro e o ofuscamento desabilitador. Para limitar estes efeitos a relação de luminâncias não deve exceder os limites estabelecidos pelas recomendações (Figura 32). No entanto, não é desejável manter estas proporções em todo o ambiente. Para permitir relaxamento do músculo visual ao longo do dia - que se dá através de focalização distante – é recomendável utilizar pequenas áreas do ambiente que excedam estes limites, o que pode incluir obras de arte, detalhes de acabamento, pequenas janelas, detalhes de mobiliário ou iluminação de destaque.

Onde não são executadas tarefas visuais prolongadas, como circulações, recepções, e refeitórios as variações de brilho e cor são desejáveis, criando pontos focais de alta iluminância para atrair o olhar (IESNA, 2000).

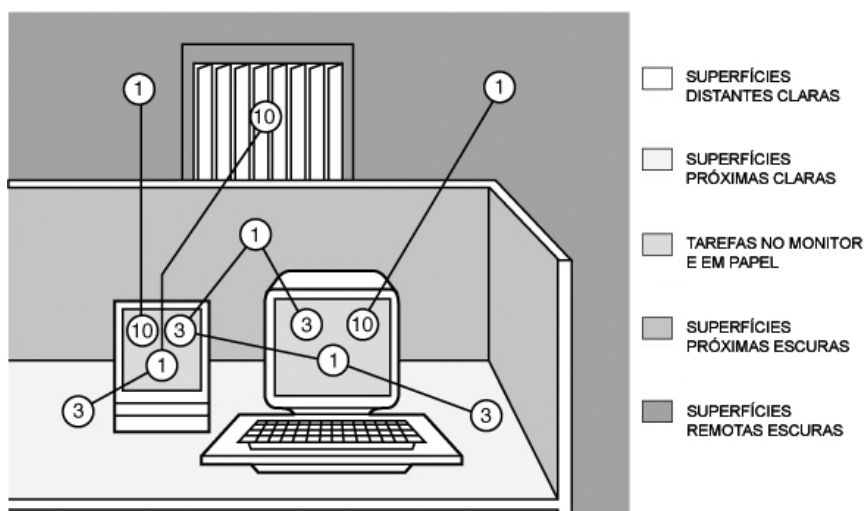


Figura 32 – Proporção de luminâncias recomendadas para interior de escritórios (Fonte, IESNA, 2000; tradução do autor).

STEFFY (1995) faz recomendação semelhante quando afirma que para relaxamento dos olhos é fundamental atrair a atenção do usuário para pontos focais distantes tais como uma obra de arte, um painel decorativo ou folhagem iluminados. Iluminação de destaque (direcionadas para pontos específicos como um quadro, por exemplo), de preenchimento (sancas de iluminação indireta, por exemplo) e suplementar são essenciais na iluminação de escritórios informatizados, uma vez que são responsáveis pela equalização das luminâncias nas diferentes superfícies.

Por outro lado, a utilização de luminárias de tarefa permite reduzir o iluminamento ambiente, uma vez que cada usuário passa a ter possibilidade de aumentar o iluminamento do seu plano de trabalho, quando necessário (STEFFY, 1995). Lâmpadas halógenas devem ser evitadas pois produzem muito calor, são extremamente ofuscantes, consomem muita energia e produzem sombras muito marcadas.

O IESNA (2000) salienta que especial atenção deve ser dada à qualidade da iluminação de tarefa. Algumas luminárias apresentam características de distribuição que minimizam reflexões veladoras através de elementos de controle ótico, como lentes e refletores. Luminárias de tarefa lineares com lentes tipo *batwing*, por exemplo, redirecionam a luz através de uma série de prismas lineares fazendo

com que grande parte da luz se origine das laterais e reduzindo a incidência de reflexões. Quando não é possível empregar luminárias de tarefa lineares, podem ser utilizadas luminárias de coluna ou articuladas, que permitem ao usuário posicionar a luz para melhor visibilidade da tarefa, embora ofereçam controle ótico mais restrito. É importante considerar, no entanto, que uma luminária de tarefa fora da zona ofensiva para um usuário pode estar dentro da zona ofensiva para outro.

4.4.6. Controle da iluminação

A ISO 11064-6 (2005) recomenda que para os centros de controle, visando a otimizar o desempenho e conforto do operador, os níveis de iluminação sejam ajustáveis de acordo com suas necessidades. É desejável controle dimerizado da iluminação geral.

O controle da iluminação também é importante na integração de luz natural e luz artificial. Luminárias do perímetro junto às janelas podem ser separadas num circuito e desligadas ou dimerizadas manualmente ou através de sensores fotoelétricos. Persianas horizontais ou refratores podem controlar a claridade e de alguma forma redirecionar a luz em direções favoráveis. (IESNA, 2000)

4.4.7. Ferramentas de cálculo

Para simulação do comportamento da luz artificial podem ser usados modelos computacionais (maquetes eletrônicas). Programas como o *Lumen Micro* permitem investigar a distribuição de iluminâncias nas diferentes superfícies do ambiente, o gasto de energia e o custo total, além de fornecer imagens que simulam o efeito da iluminação no ambiente. O *Lumen Micro* utiliza o método das cavidades zonais para cálculo e necessita como dados de entrada:

- Iluminância de serviço selecionada,
- Dimensões do ambiente (opcional: dimensões do mobiliário),
- Refletâncias das superfícies,
- Arquivos digitais *ies* das luminárias (fornecidos por alguns fabricantes nacionais) que fornecem ao programa suas informações fotométricas,
- Fluxo luminoso inicial da lâmpada utilizada,
- DFL – Fator de depreciação do fluxo da lâmpada,
- DSL – fator de depreciação por sujeira da luminária – determinado pelo tipo de luminária, pela limpeza do ambiente onde está instalada e pelo número de

horas de utilização.

- Fator do reator determinado pelo fabricante.

STEFFY (2002) salienta que a precisão dos cálculos por computador é limitada pela precisão dos dados de entrada e que é tão confiável como o cálculo feito à mão. A precisão é difícil de estabelecer mas, assegurada a precisão dos dados de entrada, pode flutuar entre 10 e 20% de erro.

4.4.8. Manutenção

Os sistemas de iluminação devem assegurar a requerida quantidade e qualidade da luz ao longo do tempo, seja por motivos de produtividade, segurança ou estéticos (IESNA, 2000). A manutenção dos sistemas de iluminação deve recuperar as perdas luminosas decorrentes da depreciação de performance das lâmpadas (depreciação do fluxo luminoso, que varia de acordo com o tipo de lâmpada), do acúmulo de poeira nas luminárias e lâmpadas, da queima de lâmpadas, da deterioração da superfície das luminárias e do acúmulo de poeira nas superfícies do ambiente.

Um adequado plano de manutenção pode minimizar o número de luminárias necessárias em projeto, minimizando custos de instalação do sistema e conseqüente consumo de energia. As principais técnicas de manutenção incluem limpeza e troca programada de lâmpadas. Nos períodos entre a limpeza e troca programada o sistema pode ser inspecionado para troca de componentes que apresentem algum tipo de mau funcionamento.

A troca programada de lâmpadas implica em substituir ao mesmo tempo todas as lâmpadas do sistema. O intervalo entre as trocas programadas é determinado a partir da análise de um conjunto de fatores: a taxa de queima das lâmpadas, o custo de mão de obra envolvido na manutenção, o custo da lâmpada e a depreciação do seu fluxo luminoso. Em geral, o período de melhor custo-benefício para troca das lâmpadas gira em torno de 70 a 80% de sua vida útil.

5. METODOLOGIA DE PESQUISA

O estudo de campo traz uma reflexão sobre a prática em um projeto de iluminação de centro de controle. De acordo com JACKSON (1998), a reflexão sobre a prática é uma abordagem que permite produzir conhecimento a partir da prática profissional. O pesquisador está dentro de uma situação particular: num primeiro momento, como projetista é ator do projeto; num segundo momento, como pesquisador constrói uma problemática a partir da sua participação como projetista, tendo em vista contribuir para a produção de conhecimento científico. JACKSON, como GRANATH (1991), baseia seu trabalho de pesquisa na geração de teoria a partir da prática como método de investigação.

GRANATH (1991) reconhece as vantagens e desvantagens que esta abordagem implica. Salaria que é difícil conduzir um trabalho de reflexão sobre projetos quando a pesquisa em si é o objetivo maior e o real interesse dos participantes sem que haja comprometimento dos resultados. Por esse motivo, a participação de GRANATH e sua equipe nos projetos se dá mais como arquitetos propriamente ditos, com o conhecimento profissional que lhe é característico, do que como pesquisadores que direcionam sua participação de acordo com as necessidades de sua pesquisa.

Outro problema descrito por GRANATH (1991) é que o pesquisador desenvolve uma relação social com os outros atores envolvidos no projeto e tem participação tanto no progresso do projeto como nos resultados alcançados. Com isso, corre o risco de que seus próprios valores e contribuições ao projeto venham a influenciar sua visão dos fatos. Além disso, estar numa situação de pesquisa sem poder estruturá-la e organizá-la significa que não há como planejar a seqüência de investigação. A direção não é dada pelas necessidades do pesquisador e sim pelos atores no esforço de chegar a uma solução viável do problema proposto. O pesquisador precisa estar constantemente preparado para improvisar, adaptar-se à situação, tentar novos métodos e perspectivas.

Segundo GRANATH (1991),

“A grande vantagem da pesquisa orientada para a ação, e o que a faz necessária, é a oportunidade que ela oferece de estar em contato direto com a *praxis* e o desenvolvimento de habilidades e *insights* que a participação numa situação real torna possível. Em princípio, a possibilidade de gerar conhecimento e teoria em tais situações é

limitada apenas por nossa capacidade de observação e habilidade em associar o que percebemos com a teoria e a *praxis* de outros”.¹⁹
(tradução do autor)

GRANATH cita TÖRNEBOHM²⁰ (1983 apud GRANATH, 1991) para indicar dois critérios que devem ser atendidos nestes estudos de caso:

- Critério da veracidade – a pesquisa deve ter descrição o mais historicamente correta possível. Estudos de caso freqüentemente estão baseados em material frágil, floreado e melhorado pelo pesquisador em seu relato. No entanto, quando o pesquisador é ator/participante, o problema não é a falta de material mas talvez o excesso, que segundo GRANATH, pode ser solucionado com os comentários críticos de colegas e alterações do texto resultantes.
- Critério da configuração – o texto científico deve oferecer consistência ideológica. Num trabalho acadêmico, como numa dissertação, o critério da configuração é ainda mais importante do que o critério da veracidade em relação aos detalhes dos eventos. A tendência de contar a história com excesso de detalhes do início ao fim para enfatizar a veracidade pode prejudicar a configuração. Quando o material é virtualmente infinito é difícil dar uma forma que capte seu significado. O excesso de detalhes pode tornar incompreensível. É preciso encontrar a forma de descrever os fatos ressaltando aspectos de maior importância no contexto científico e deixando de lado os menos importantes.

Na sistematização dos dados materiais que irão construir a memória do projeto, uma série de documentos permite validar o relato: o caderno de anotações do projetista com notas de reunião e notas de campo; relatórios; comunicações; desenhos, especificações e documentos técnicos (JACKSON, 1998). Ao fim da sua participação, é feita a redação histórica da intervenção a partir dos documentos disponíveis. A confrontação desta reconstituição com outros projetistas permite sua validação e estruturação segundo os critérios de veracidade e configuração descritos por TÖRNEBOHM (1983 apud GRANATH, 1991). A partir desta memória de projeto, é possível extrair então as histórias que possam demonstrar as hipóteses sugeridas (JACKSON, 1998).

¹⁹ “The great advantage of action research, and what makes it necessary, is the opportunity it affords for direct contact with praxis and the development of skills and insights that participation in a real situation makes possible. In principle, the prospects of generating knowledge and theory in such situations is limited only by the limits of our powers of observation and ability to associate what we perceive to the theory and praxis of others”.

²⁰ TÖRNEBOHM, Hakan. Studier av kunskapsutveckling [Studies of how knowledge develops]. Karlshamn: Doxa, 1983 apud GRANATH, 1991.

Dentro desta perspectiva, esta pesquisa visa produzir interpretações generalizáveis sobre o projeto de iluminação e sua inserção no processo de projeto. O interesse pela prática reflexiva emerge da constatação da insuficiência de debates sobre a prática como aplicação da ciência e justifica-se em parte pela insuficiência de descrições da prática de trabalho (JACKSON, 1998). Prática de trabalho esta que não reside apenas na aplicação de conhecimentos técnicos e científicos adquiridos. Para SCHÖN (1983), a competência dos projetistas reside em sua capacidade de refletir dentro das situações reais, ao que chama de prática reflexiva. Daí o interesse pela reflexão sobre a prática profissional.

Esta reflexão é baseada sobre a prática de um projeto de iluminação utilizando como fontes de informação documentos de projeto, como plantas, especificações, cronogramas e atas de reunião, e documentos de desenvolvimento, como anotações e croquis dos projetistas. Trata-se de instalação de centro de controle de dutos para transporte de gás e óleo de porte considerável que representa a tendência de trazer para o escritório central da empresa o ambiente industrial da sala de controle.

Fizeram parte da equipe de coordenação de projeto um professor doutor em Engenharia de Produção (coordenador da equipe e orientador desta dissertação de mestrado), uma arquiteta mestranda em Engenharia de Produção, responsável pelo projeto de arquitetura e interiores, um doutorando em Engenharia de Produção, responsável pela análise ergonômica, uma doutora em Engenharia de Produção responsável pelo projeto acústico e a autora, arquiteta, responsável pelo projeto de iluminação. A equipe de desenvolvimento do projeto do centro de controle contou ainda com a participação de projetistas e consultores das seguintes disciplinas: Estruturas, Instalações Elétricas, Hidráulicas e Esgoto, Ar condicionado, Exaustão, Combate à Incêndio, Automação, Iluminação, Acústica e Programação visual.

A autora participou como projetista da iluminação da sala de controle durante todo o processo de projeto, desde a avaliação ergonômica até o orçamento de apoio à licitação, tendo o apoio de um consultor em luminotécnica. Se sua participação faz dela parte envolvida com o processo de projeto e seu resultado, por outro lado foram tomadas as precauções indicadas por GRANATH (1991) para validação da pesquisa. Sua participação se deu estritamente como projetista, e não como pesquisadora que direciona sua participação de acordo com as necessidades de seu

A ferramenta de cálculo luminotécnico e simulação lumínica utilizada foi o programa de simulação lumínica *Lumen Micro*, bastante difundido no Brasil entre projetistas, indústria e comércio da iluminação.

6. ESTUDO DE CAMPO

6.1. O PROJETO DE ILUMINAÇÃO DA SALA DE CONTROLE

O projeto de iluminação inicialmente envolveu uma série de atividades relativas ao levantamento e análise de dados. Seguiram-se as etapas de projeto: estudo preliminar (esboço inicial), anteprojeto (desenvolvimento) e projeto pré-executivo (detalhamento).

6.1.1. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS:

As atividades de levantamento e análise de dados incluíram: análise das instalações atuais; análise de situação de referência; pesquisa de normas e recomendações; levantamento do novo espaço e programa de necessidades; e acompanhamento do estudo de layout.

6.1.1.1. ANÁLISE DAS INSTALAÇÕES ATUAIS:

Para melhor compreender o trabalho dos operadores, especialmente nos aspectos que têm interface com a iluminação, foram observados as atividades e o ambiente da sala de controle. A avaliação da iluminação incluiu medição dos níveis de iluminação nos planos de trabalho e fotos dos displays buscando registrar possíveis reflexos. Em complemento, foram realizadas verbalizações e entrevistas com os operadores sobre a iluminação de suas áreas de trabalho e suas preferências pessoais.

Essencialmente, o trabalho dos operadores das salas de controle é supervisionar, controlar e/ou comandar a operação de dutos (gasodutos ou oleodutos) em todo o país. São cinco turmas de operadores, cada uma com um coordenador de turno. O trabalho de operação, realizado em três turnos (das 7h às 15h, das 15h às 23h e das 23h às 7h), exige a presença constante do operador no console²¹. Os deslocamentos realizados são, internamente, entre consoles ou para as impressoras e armários e, externamente, para o refeitório ou para os sanitários.

²¹ Chama-se console a estação de trabalho com *displays* embutidos.

Atualmente, o Centro de Controle de Gás e o Centro de Controle de Óleo operam em salas de controle independentes. As duas salas estão situadas no 8º andar do edifício sede da empresa, junto com seus escritórios de apoio (Figura 33, Figura 34 e Figura 35). As salas de controle têm janelas voltadas para a fachada, possuem controle da iluminação por *dimmers* e pé direito de 2.49m. Possuem piso de tonalidade clara, paredes revestidas em tecido de tonalidade média (verde claro) e forro acústico em tonalidade clara, resultando em ambientes de iluminação bastante uniforme exceto no que diz respeito à mancha solar presente em alguns momentos do dia. A iluminação geral é fornecida por luminárias embutidas para 4 lâmpadas fluorescentes tubulares 16W-4000K com difusor em grelha plástica duplo parabólica com filme prata especular.

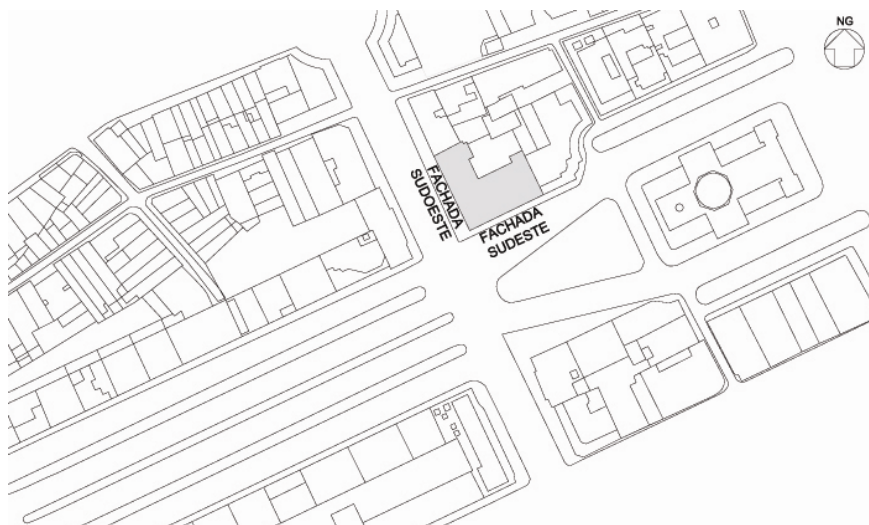


Figura 33 – Planta de situação do edifício.



Figura 34 – Planta das salas de controle existentes.



Figura 35 – Salas de controle existentes:
à esquerda a sala de controle de óleo e a direita a sala de controle de gás.

As estações de trabalho (Figura 36) são constituídas de consoles com 6 monitores cada um. Atualmente este centro de controle não dispõe de *video wall*. Os consoles são compostos por uma estrutura rígida em madeira, revestida em laminado melamínico na cor cinza claro, com 6 monitores: 4 monitores de 21” dispostos em linha, embutidos na estrutura; e 2 monitores de 17” apoiados sobre a parte superior do console. Os monitores embutidos não possuem nenhum tipo de regulagem de posição e guardam uma inclinação em torno de 15° com o plano da mesa. Os monitores superiores podem ser inclinados sobre seu eixo horizontal. Cada um dos consoles atuais possui 4 ou 5 monitores destinados à operação e 1 ou 2 monitores destinados às funções corporativas. Assim, cada console pode necessitar de interface com até três CPUs distintas. Todos os consoles possuem também um telefone interno e um externo.



Figura 36 – Estação de trabalho: console com 6 *displays*.

Na sala de controle do gás, a sala menor voltada para a fachada sudeste, o nível de iluminação selecionado pelos operadores é relativamente alto para ambientes com uso intenso de terminais de vídeo (medições de iluminância em torno de 500 lux no plano de trabalho – ver Anexo 1). Na sala de controle do óleo, sala maior voltada para a fachada sudoeste, o nível de iluminação selecionado pelos operadores é bem menor (medições de iluminância em torno de 200 lux no plano de trabalho – ver Anexo 1) o que não é recomendado para tarefas de leitura e escrita. Foram observadas reflexões em alguns monitores situados ao nível da mesa (Figura 37) o que sugere que esta seja a causa da redução do nível de iluminação na sala maior pelos operadores.



Figura 37 – *Displays* com reflexões no campo visual do operador.

Foi observado que cerca de 30% das luminárias tiveram sua grelha plástica invertida pelos operadores (Figura 38 e Figura 39). Como os dimmers controlam várias luminárias da sala, os operadores precisam entrar em acordo sobre o nível de iluminação mais apropriado. A inversão da grelha parece se justificar pela necessidade em reduzir as reflexões em alguns postos de trabalho, conforme indicam alguns relatos. No entanto, a mesma inversão que protege alguns monitores acaba expondo outros a reflexões pois o controle ótico da luminária fica comprometido. Além disso, os monitores inclinados alteram a geometria olho-tela-luminária (que parte do pressuposto que os monitores estão na posição vertical), aumentando a possibilidade de ofuscamento por reflexões na tela. Problemas com luminárias semelhantes utilizadas em salas de controle já foram relatados por ATTWOOD (2004). Analisando-se o controle ótico da luminária existente por sua curva fotométrica (Figura 39) e pelos padrões de BERNECKER (2006) e considerando-se fluxo luminoso de 1200lm para cada uma das 4 lâmpadas de 16W da luminária, tem-se total de 4800lm. De acordo

com a curva, em 60° a intensidade luminosa da luminária é 720cd no sentido transversal e 480cd no sentido longitudinal, ambos os valores muito acima do permitido pelas recomendações de BERNECKER para ambientes de trabalho com uso intenso de terminais de vídeo (220cd para 65° e 300cd para 55°).



Figura 38 – A esquerda detalhe da grelha plástica duplo parabólica das luminárias. A direita detalhe da grelha plástica invertida.

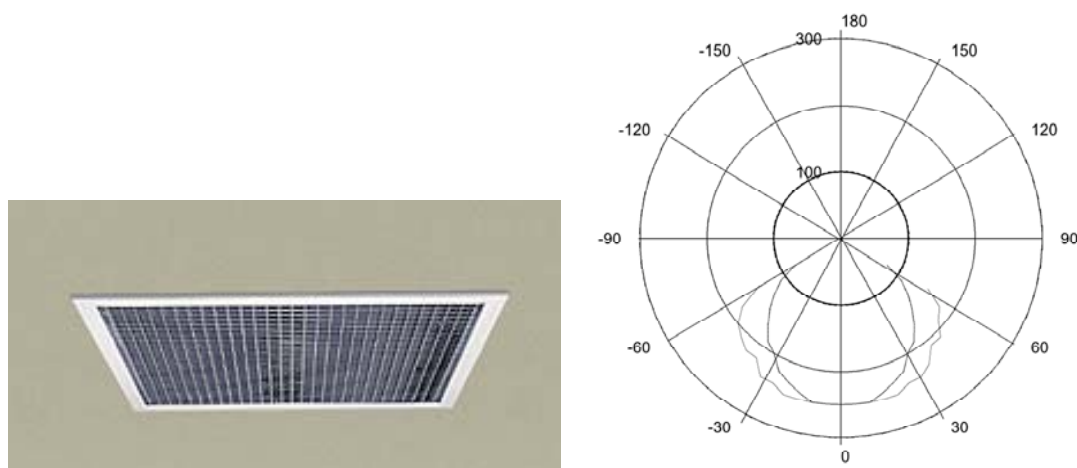


Figura 39 – Imagem da luminária existente e sua curva fotométrica em cd/1000lm.
(Fonte: catálogo do fabricante)

Alguns operadores relatam ainda dificuldades na leitura e preenchimento de planilhas que fazem parte de suas rotinas de trabalho e demonstram interesse em luminárias de controle individualizado. O console já possui iluminação de tarefa incorporada que foi eliminada, segundo relatos dos operadores, por emitir muito calor e reduzir a nitidez dos monitores.

No que diz respeito à iluminação natural, tanto a sala de controle do gás, voltada para a fachada sudeste (incidência de luz do sol no início da manhã) com a sala de controle do óleo, voltada para a fachada sudoeste (incidência de luz do sol no fim da tarde) apresentam como proteção contra a luz do sol o vidro laminado reflexivo

de transmitância aproximada de 58%²² e cortinas tipo rolô em tecido sem black-out. No Anexo 2, plantas indicam a insolação a que as fachadas estão expostas. Há períodos à tarde do dia em que há incidência de sol direto nas fachadas: no início da manhã na fachada sudeste e à tarde na fachada sudoeste. No entanto, mesmo nos momentos do dia em que a mancha solar chega aos consoles, especialmente na sala de controle do óleo, criando grandes contrastes de brilho dentro do campo visual dos operadores, algumas cortinas permanecem abertas. Relatos dos operadores confirmam sua preferência por manter a visão do ambiente exterior mesmo quando isso implica em maior exigência sobre seu aparelho visual.

6.1.1.2. OBSERVAÇÃO DE SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA:

A visita à situação de referência – um centro de controle do setor elétrico situado no Rio de Janeiro (Figura 40) – permitiu estabelecer uma comparação com as instalações atuais e vislumbrar possíveis inovações para o projeto do novo espaço.



Figura 40 – Situação de referência.

Este centro de controle, como vários outros mais recentes, possui *video wall*, o que faz dele uma referência importante para este projeto que pretende utilizar esta mesma nova tecnologia. O centro ocupa uma sala de pé direito duplo e possui um mezanino do qual é possível observar as atividades de trabalho, que acaba funcionando como uma área de visitas e reuniões com pessoas externas à instituição. A função deste espaço é mais comercial do que operacional. Trata-se de divulgar a imagem da empresa o que implica portanto num investimento maior na estética e na tecnologia deste ambiente.

²² Transmitância medida de forma experimental em trecho de vidro limpo utilizando um luxímetro. Iluminância vertical exterior junto ao vidro = 4820 lux. Iluminância vertical interior na face interna do vidro = 2800 lux. Razão = 0,58.

A iluminação é artificial. Uma linha de janelas na lateral permite contato visual com o ambiente externo mas o vidro reflexivo empregado, as dimensões das aberturas e seu posicionamento reduzem fortemente a possível contribuição da luz natural. O ambiente dispõe de luminárias embutidas para 2 lâmpadas de 32W com aletas parabólicas de alto brilho, algumas expostas e outras recuadas e protegidas por um sistema de aletas verticais tipo *baffle* (Figura 41). Não há circulação entre os consoles: eles formam um conjunto único, permitindo rearranjos entre os operadores. Cada estação de trabalho tem em torno de 4 telas LCD em linha, dotados de braços articulados que permitem aos operadores organizar os monitores conforme sua preferência. Na parede a frente dos operadores existe um *video wall* onde são fornecidas imagens de interesse comum à atividade dos diferentes operadores. Foram observados reflexos neste *video wall* decorrentes das luminárias de teto, que precisariam estar mais afastadas da tela e/ou possuir fecho mais fechado.



Figura 41 – Iluminação da situação de referência observada: distribuição pouco uniforme das luminâncias nas superfícies; materiais de refletância baixa; fortes sombras nos planos verticais junto ao teto provocadas por luminárias e reflexos no *video wall*.

O mobiliário da sala de controle tem cor preta o que cria contrastes acentuados entre as telas de LCD auto-iluminadas e área de trabalho mais próxima do operador. O efeito obtido aparenta não ser muito confortável visualmente para a operação mas tem apelo estético para quem observa do mezanino. O mobiliário prevê

braços articulados que permitem fácil ajuste da posição do display pelo usuário (Figura 42), que são recomendadas para minimizar as reflexões.



Figura 42 – Detalhes do console da situação de referência.

6.1.1.3. PESQUISA DE NORMAS E RECOMENDAÇÕES:

Foram estabelecidas pela equipe de coordenação de projeto premissas relativas ao conforto ambiental da sala de controle tendo como base a ISO 11064-6 (2005):

- Criar ambientes favoráveis a uma jornada de trabalho de 08 horas diurnas nas áreas administrativas e de 24 horas, sendo 08 horas/turno, nas áreas de operação, bem como o perfeito funcionamento dos equipamentos previstos para os diversos ambientes do centro de controle, considerando as interferências externas e internas a estes ambientes, e as necessidades de manutenção e limpeza.
- Permitir flexibilidade de soluções, favorecendo as possibilidades de ajuste às diferentes situações e fases do trabalho de operação (testes, partida, início de operação, emergências,...), bem como a modificações futuras (layout, equipamentos, organização do trabalho, expansão,...).

A partir destas premissas e levando em consideração as características da atividade de operação, foi realizada uma pesquisa das normas e recomendações nacionais e internacionais para o projeto de iluminação da sala de controle que foi condensada no 1º relatório de iluminação. Esse relatório permitiu aos projetistas das diferentes disciplinas que fizeram parte da equipe de projeto conhecer as bases de desenvolvimento do projeto de iluminação, facilitando a interface entre os diversos projetos. Os tópicos abordados no relatório estão apresentados em detalhe no capítulo referente a premissas do projeto de iluminação e foram abaixo condensados.

Foram recomendados níveis de iluminação horizontal no plano de trabalho entre de 200lux - limite mínimo em todo o tempo - e 500lux - limite máximo, em função da utilização de monitores de vídeo (ISO 11064-6, 2005; IESNA, 2000). A iluminação geral ou ambiente deveria, preferivelmente, utilizar luminárias indiretas ou diretas/indiretas para controle do ofuscamento e das reflexões (EGAN, 2001; IESNA, 2000; REA, 1991).

Em relação às luminárias, recomendou-se que as luminâncias das luminárias diretas nos ângulos entre 50° e 90° com a normal deveriam estar dentro dos limites estabelecidos para controle do ofuscamento em ambientes com uso intenso de monitores de vídeo: 850cd/m² para 55°; 350cd/m² para 65°; 175cd/m² para 75° ou mais (IESNA, 2000). Para luminárias indiretas ou diretas/indiretas a luminância do teto, ou de outras superfícies iluminadas diretamente, deveria obedecer aos limites estabelecidos pela ISO 11064-6 (2005): luminância média não deve exceder 1500cd/m²; a luminância máxima não deve ultrapassar 1500cd/m²; a luminância deve manter relativa uniformidade, variando gradativamente ao longo destas superfícies. Iluminação de planos verticais deveria ser usada para equilibrar luminâncias no ambiente de trabalho e a iluminação de destaque – para criar focos de interesse que permitissem adaptação visual a distâncias focais maiores, reduzindo a fadiga visual (IESNA, 2000; STEFFY, 1995). A iluminação de tarefa deveria complementar os níveis de iluminação no plano de trabalho até os níveis de 500lux a 750lux nas atividades que envolvessem escrita, leitura de documentos e plantas. Estas luminárias deveriam ser constituídas de braços articulados, fixados ao tampo das mesas e filtro para controle ótico de forma a impedir a visão direta da lâmpada ou sua reflexão nos monitores e/ou superfícies polidas (IESNA, 2000; ISO 9241-6).

Foi recomendada a combinação com iluminação natural, que permite um ganho na reprodução das cores e minimiza a sensação de confinamento, gerando para o operador um referencial de tempo (dia/noite; sol/chuva; etc.) e favorecendo a regulação do relógio biológico humano (ISO 11064-3, 1999).

Foi recomendada ainda a utilização de lâmpadas com ICR superior a 80% para garantir boa reprodução de cor e reatores eletrônicos para evitar tremulação da luz (ISO 9241-6, 1999; IESNA, 2000). Deveriam ser previstos mecanismos de controle flexíveis para as diversas fontes luminosas (ISO 11064-6, 2005) e sistemas de sombreamento e black-out para as janelas com mecanismos de controle flexíveis, para

permitir aos operadores reduzir possíveis reflexos nos displays e ofuscamento (ROBBINS, 1986; ISO 11064-3, 1999).

Em relação às refletâncias, foi recomendado seguir os limites estabelecidos pelo IESNA (2000) para evitar possíveis contrastes e reflexões causadas pelas fontes luminosas: proporções entre 1:3 e 3:1 entre tarefa visual e entorno próximo e 1:10 e 10:1 entre tarefa visual e entorno distante (IESNA 2000). Em relação aos materiais de acabamento e mobiliário foi recomendado utilizar acabamento fosco e seleção de refletâncias dentro dos seguintes limites: 80% para o teto; 20/40% para o piso; 50/70% para as paredes; 40/70% para as divisórias e 25/45% para o mobiliário (IESNA, 2000).

6.1.1.4. O NOVO ESPAÇO E O PROGRAMA DA SALA DE CONTROLE

A área destinada especificamente à nova sala de controle localiza-se no térreo do mesmo edifício sede da empresa onde se encontra a sala de controle atual em operação. O novo Centro de Controle irá reunir a operação de gás e óleo na mesma sala de controle e está sendo projetado para 6 consoles de operação para gás e 15 consoles de operação para óleo, incluindo as estações de trabalho dos coordenadores de turno. Além disso, trata-se de uma área de pé direito duplo com janelas altas para a fachada sudeste sob marquise, e sudoeste, sob pequena varanda (Figura 43, Figura 44 e Figura 45), permitindo apenas uma visão mais distante da imagem do exterior através de uma grade em ferro decorada, mesmo porque existe forte circulação de pedestres na calçada externa ao edifício. As fachadas são tombadas impossibilitando o uso de novos elementos externos, além da grade existente, que possam fornecer sombreamento.



Figura 43 – Imagem das fachadas externas do novo centro de controle

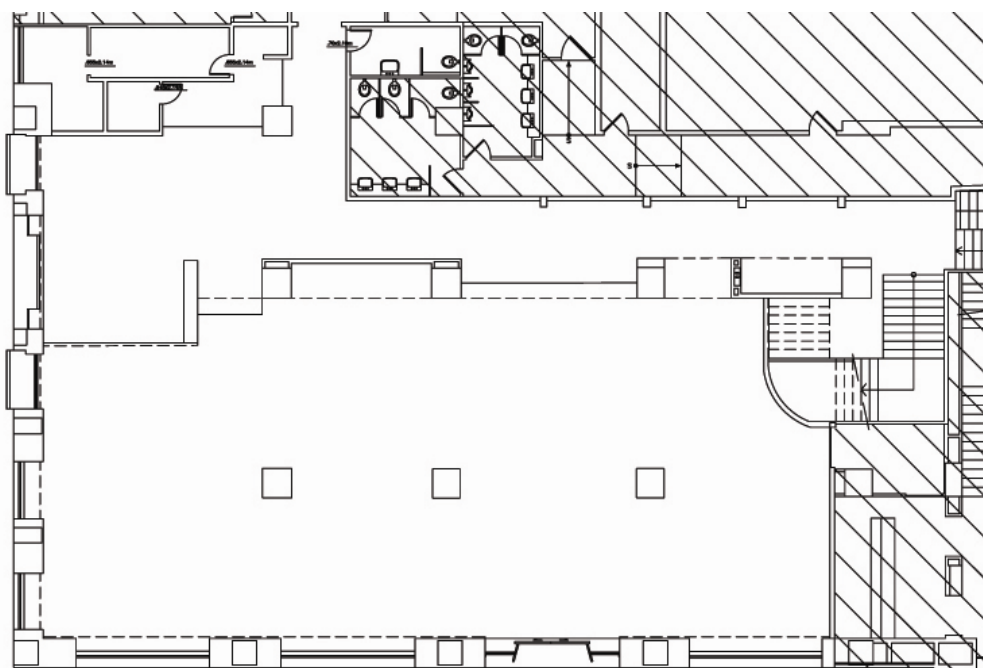


Figura 44 – Planta do novo espaço (dimensões aproximadas: 25,90 x 11,10m, com 3 colunas em estruturais dentro do ambiente).



Figura 45 – Corte transversal do novo espaço (pé direito duplo em osso = 6,37m). A marquise avança 7.05m sobre a fachada sudeste com uma altura de 6.35 entre sua face inferior e o piso interno em osso.

Desde o início do processo houve uma diferença significativa entre o ponto de vista empresarial e o operacional no que diz respeito à posição e a ordenação do espaço da sala de controle que implicariam em diferentes resultados qualitativos no projeto de iluminação. Do ponto de vista dos negócios da empresa, fazia-se necessário um ambiente que desse visibilidade às atividades dos operadores e à capacidade produtiva da empresa, e que funcionasse como um cartão de visitas para possíveis clientes. Do ponto de vista da operação esperava-se investimentos que garantissem melhor desempenho das atividades. Não há dúvida que ambas as expectativas eram legítimas mas resultariam em estratégias de projeto bastante distintas.

O novo centro de controle deveria abrigar num mesmo ambiente as duas equipes de operadores - controladores dos dutos de óleo (15 postos de trabalho) e controladores dos dutos de gás (6 postos de trabalho) – e *video wall* com capacidade para atender às duas equipes. Cada operador ocuparia um console com 6 monitores de vídeo. Os dois controladores de turno poderiam ocupar também a sala de controle, sendo necessário neste caso prever uma mesa de reunião, ou ocupar salas diretamente ligadas a esta, com visor e porta. Deveria haver janelas internas que permitissem visão da sala de operação por salas que ocupariam o mezanino existente – sala de visitas, que eventualmente funcionaria como sala de crise nas situações de emergência, e salas dos coordenadores das equipes e do sistema. Esperava-se ainda alguma forma de passarela que permitisse caminhar ao longo da sala de operação com visão para o *video wall* a partir do nível mezanino, sem que houvesse interferência na atividade.

Em função do espaço disponível e do programa proposto, algumas diretrizes do projeto de iluminação já estavam claras. A grande quantidade de displays (monitores e *video wall*) aliada a necessidade e expectativa dos operadores em manter a visão do exterior, seria necessário dar especial atenção ao controle de ofuscamento e reflexões. Tendo em vista o alto pé direito que promove boa distribuição da luz, não seria possível setorizar o controle da iluminação geral na sala. Já ficava clara a necessidade em complementar a iluminação geral com luminárias de tarefa individuais para os operadores. Some-se a necessidade de fácil manutenção (uma vez que a sala de controles funciona ininterruptamente) e necessária economia de energia pela adoção de sistemas de iluminação mais eficientes.

6.1.1.5. O ACOMPANHAMENTO DO ESTUDO DE LAYOUT

O desenvolvimento dos estudos de layout da sala de controle foi acompanhado e analisado sob a ótica do projeto de iluminação. Destes estudos, três foram selecionados para apresentação ao cliente (Anexo 3). Na solução adotada, considerada a mais adequada, o posicionamento dos displays poderia ocasionar reflexos indesejáveis e/ou redução do contraste nos displays, com *video walls* e monitores posicionados de frente para as janelas. Não houve solução que atendesse ao programa proposto e em que os displays ficassem perpendiculares à janela como indicam as recomendações. A necessidade de qualidade da iluminação imposta pela atividade exigia que fossem buscadas estratégias para minimizar os defeitos de iluminação que poderiam decorrer da opção de layout.

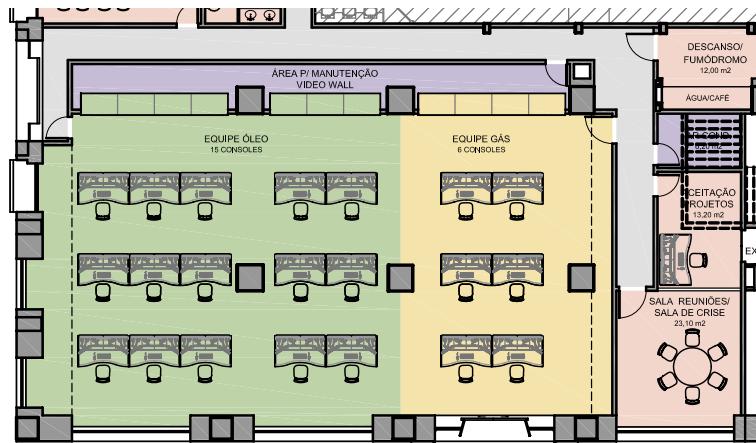


Figura 46 – estudo de layout aprovado para a sala de controle.

6.1.1.6. AS POSSIBILIDADES E OS LIMITANTES INICIAIS:

Iniciados os estudos do projeto de iluminação, já se desenhavam várias possibilidades e limitantes do projeto:

6.1.1.6.1. Decorrentes do cronograma:

Como se esperava que a obra fosse concluída ainda em 2006, o tempo se apresentava como fator limitante desde o início do planejamento do projeto. Em função disso, o projeto de iluminação deveria ser apresentado o mais completo possível na fase de estudo preliminar, de forma a fornecer subsídios ao projeto de instalações elétricas e estabelecer mais rapidamente diálogo com as outras disciplinas. Se fossem necessárias mudanças, estas deveriam se restringir ao essencial, mesmo quando fossem decorrentes de problemas externos ao projeto de iluminação.

6.1.1.6.2. Decorrentes do espaço e do programa:

Como a opção de layout selecionada possibilitava a presença de ofuscamento e reflexões nos displays, seria necessário buscar estratégias para minimizar o problema: a utilização de iluminação indireta utilizando o teto ou as paredes como rebatedores; a distribuição uniforme das luminâncias, evitando contrastes; e a seleção de equipamentos de iluminação com rigoroso controle de ofuscamento.

O ambiente destinado à sala de controle se apresentava longo em seu comprimento, sugerindo a necessidade de adotar estratégias que reduzissem a

sensação subjetiva de confinamento, como a iluminação de planos verticais que aumentam também a sensação de claridade.

O pé direito sugeria utilizar iluminação direta/indireta. A iluminação indireta do teto aumenta a sensação de claridade, e é especialmente interessante em ambientes onde o nível de iluminação não é muito elevado. No entanto não foi possível adotar esta solução pois o pé direito não era suficientemente alto para impedir que os visores e a passarela do mezanino tivessem visão direta das lâmpadas das luminárias diretas/indiretas.

A exigência de visores entre as salas dos coordenadores do mezanino e de uma passarela que permitisse visão inclusive do *video wall*, trazia novas problemas relativos á qualidade da iluminação. Para evitar reflexões, os acabamentos da sala de controle devem ser foscos, o que implica em evitar a utilização do vidro. O projeto de interiores buscava minimizar as áreas de vidro dentro da sala de controle e pesquisaria materiais menos reflexivos que pudessem ser utilizados, mesmo certos de que as restrições de prazo impediriam o emprego de materiais importados e/ou sob encomenda.

No estudo de layout ficou definido que o *video wall* ocuparia a parede interna no sentido longitudinal da planta, de forma a permitir divisão dos seus módulos entre as equipes de controle do gás e do óleo. Foi solicitada à equipe de coordenação de projeto uma especificação de *video wall* que oferecesse maior proteção contra reflexões. Os postos de trabalho montados para simulação permitiram perceber significativa diferença entre os dois fornecedores disponíveis no mercado, visto que um dos produtos apresentava controle de reflexão bem melhor.

As janelas da parede oposta ao *video wall* (fachada sudeste) poderiam provocar reflexões pela reflexão direta de uma porção de céu. Além disso, à tarde as edificações do outro lado da rua iluminadas por sol direto poderiam ser fonte de reflexões, pelo contraste criado entre exterior e interior. Duas estratégias seriam adotadas para reduzir o contraste entre visão exterior e interior nesta parede: utilizaríamos tela solar nas janelas, de forma que fosse mantida a visão externa mas houvesse significativa redução da luminância da janela; e iluminaríamos a parede da janela de forma a aumentar a luminância dos trechos de parede entre janelas. O projeto de interiores adotaria acabamento de tonalidade clara nesta parede para que fosse possível o efeito de iluminação planejado.

No sentido de garantir manutenção menos freqüente, seriam adotadas lâmpadas fluorescentes tubulares de vida mais longa e luminárias de fácil manutenção. Para flexibilizar o controle do nível de iluminação seriam adotados reatores eletrônicos dimerizáveis, que permitiriam também redução no consumo de energia reativa.

6.1.1.6.3. Decorrentes do mercado:

Para atender as recomendações de refletâncias e conseqüentemente garantir adequada distribuição de luz e brilho no ambiente, seria preciso acompanhar a definição de materiais de acabamento, avaliando as refletâncias e texturas dos materiais. No entanto, grande parte dos materiais no mercado não fornece esse tipo de informação. Os fornecedores de forros acústicos são uma exceção à regra. Para outros materiais (piso vinílico, pintura, tecido, painéis acústicos de madeira, entre outros) foi adotado o método experimental proposto por ROBBINS (1986) para definição da refletância, método esse com erro estimado em 10%. A prática de mercado é utilizar tabela que relaciona cores e refletâncias sem levar em consideração a textura. Estes índices são necessários como dados de entrada para os cálculos do programa de simulação *Lumen Micro*.

Outra dificuldade relativa ao mercado era obter os dados técnicos dos equipamentos de iluminação. Para garantir o desempenho das luminárias seria preciso exigir na especificação o fornecimento das curvas fotométricas pelos fabricantes. Por outro lado, o *Lumen Micro* utiliza como dados de entrada das luminárias os arquivos *ies*. Estes contêm as informações relativas à geometria da luminária que possibilitam ao programa simular a distribuição da luz resultante. No entanto, poucos fabricantes nacionais fornecem este tipo de informação. A empresa, no entanto, se mostrou interessada em preservar a qualidade do sistema de iluminação e não se opôs à especificação de equipamentos de iluminação que pudessem representar custos maiores mas garantiriam desempenho dentro do previsto.

6.1.2. ESTUDO PRELIMINAR:

Nesta etapa, que resultou na primeira entrega oficial de desenhos, correspondente ao *Milestones 2* do cronograma geral, foram entregues plantas de iluminação da sala de controle e um caderno com a descrição do conceito inicial adotado. Os primeiros estudos envolveram simulações no programa *Lumen Micro* que

permitiram seleccionar a luminária pela distribuição de iluminâncias mais adequada (Figura 47 e Figura 48).

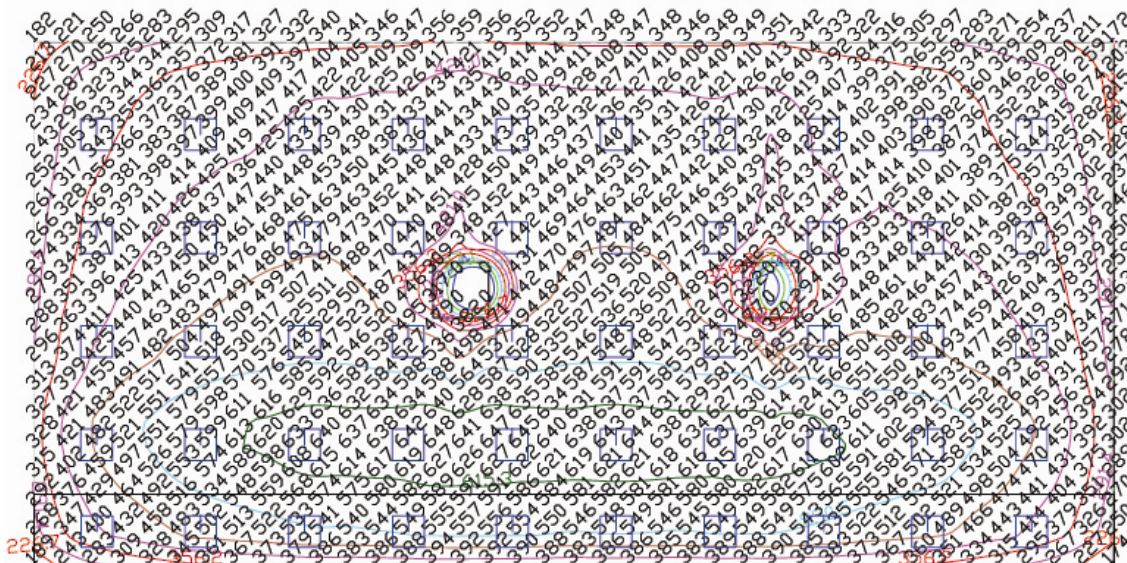


Figura 47 – uma das primeiras simulações em *Lumem Micro*, com luminária para duas lâmpadas de 36W (LUMINI FE4594/236) – 40 luminárias no PD duplo – para estudo da distribuição das iluminâncias. Iluminamento médio = 510 lux (imagem ampliada no Anexo 4).

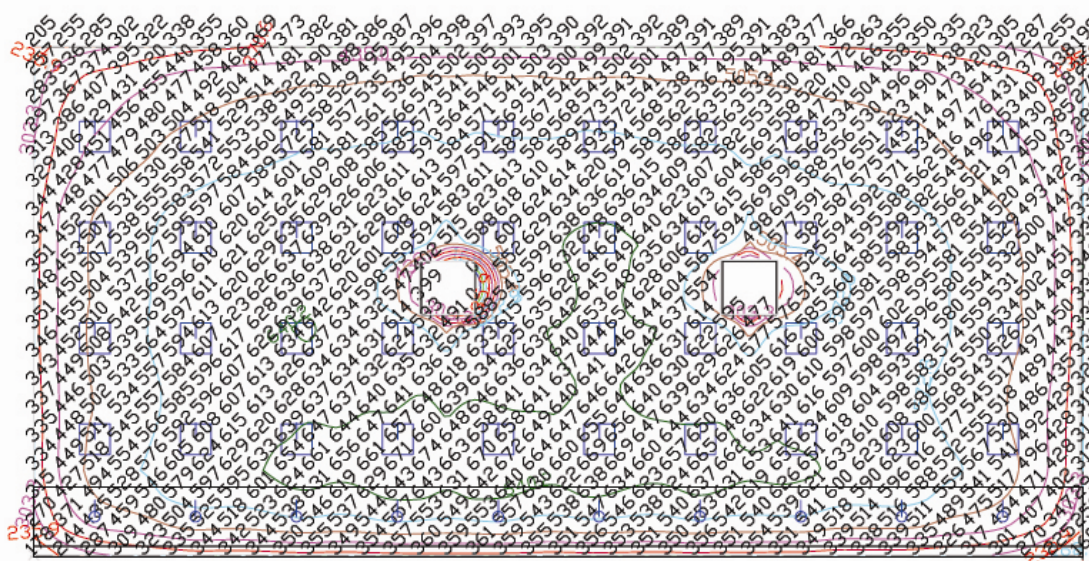


Figura 48 – simulação em *Lumem Micro*, com luminária para quatro lâmpadas de 14W (LUMINI FE4594/414) – 40 luminárias no PD duplo – para estudo da distribuição das iluminâncias. Iluminamento médio = 609 lux (imagem ampliada no Anexo 4).

As simulações iniciais em *Lumem Micro* foram apresentadas à consultoria em iluminação e deram origem a notas que se encontram no Anexo 5, e que em linhas gerais sugeriam a adoção de sancas invertidas no pé direito duplo, luminárias de fecho assimétrico sob a passarela e arandelas para iluminação complementar.

Os principais conceitos apresentados em relatório nesta etapa do projeto foram:

- Iluminação geral: foi projetada iluminação geral que garantisse nível em torno de 300/400 lux no plano de trabalho (conforme indicado pela ISO 11064-6, 2005), utilizando-se luminárias embutidas dentro dos limites de luminâncias recomendados para ângulos entre 50° e 90° com a normal (IESNA , 2000). Foram previstos reatores eletrônicos dimerizados agrupando as luminárias em linhas paralelas ao longo da sala para garantir flexibilidade de controle da iluminação pelos operadores, sem prejuízo da uniformidade de iluminação das paredes longitudinais. Tendo em vista a utilização contínua de monitores e *video wall*, optou-se por utilizar luminárias de fecho fechado, restringindo o iluminamento das paredes e reduzindo assim reflexões e ofuscamento refletido. Num primeiro momento, foram especificadas luminárias com refletor duplo parabólico em alumínio anodizado de alta reflexão e acabamento fosco – mais indicados para evitar reflexões nos displays - e lâmpadas fluorescentes compactas longas de 36W.

- Iluminação de planos verticais:

- Sancas invertidas no pé direito alto junto às paredes uniformizam o iluminamento vertical na parede principal e reduzem os contrastes criados pela utilização de luminárias embutidas, sem interferir no *video wall*.
- Para redução do contraste com a luz natural proveniente das janelas, foi projetada iluminação direcionada para parede de fundo.

- Iluminação de tarefa: para garantir iluminamento adequado a tarefas visuais menos freqüentes mas bastante exigentes, como leitura e escrita, foram previstas luminárias de tarefa para iluminação suplementar com controle individual para cada trabalhador: luminárias articuladas para lâmpada com baixa emissão de calor, e controle ótico para redução de ofuscamento e reflexões.

- Iluminação complementar: foram locadas arandelas na parede lateral, para complementar a iluminação geral.

- Iluminação de percurso: para facilitar a circulação nos desníveis da sala, foram previstos balizadores em *led* (*light emission diodes*).
- Iluminação natural: foram mantidas as janelas altas, preservando a visão do exterior sem expor o ambiente interno, utilizando persianas tipo rolo, em tela solar para redução da incidência de luz natural. Com isso preserva-se a visão do exterior, fundamental para saúde e conforto dos trabalhadores. As janelas contam ainda com *black-out* automatizadas que podem ser utilizadas em dias de maior incidência de luz natural, evitando assim reflexões indesejáveis nos monitores e no *video wall*.
- Nas salas individuais dos coordenadores de turno, onde há necessidade de vários monitores de vídeo, está prevista a mesma dimerização projetada para a sala de controle, garantindo assim maior flexibilidade e melhor controle de reflexões e ofuscamento.

O estudo preliminar entregue apresentava a distribuição de iluminâncias e de luminárias que constam das figuras Figura 49 e Figura 50.

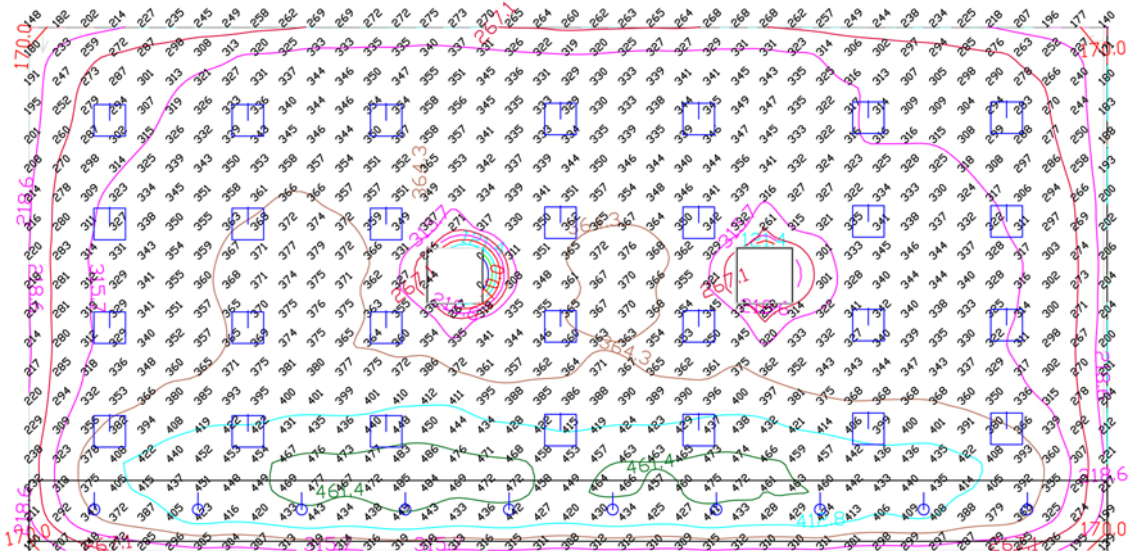


Figura 49 – simulação no programa Lumen Micro da distribuição luminárias adotada e respectiva distribuição de iluminâncias – 28 luminárias no PD duplo – tendo em vista a utilização de luminárias embutidas LUMINI FE4594/236 com aletas parabólicas foscas para duas lâmpadas de 36W (Simulação desenvolvida pela consultoria em iluminação. Imagem ampliada no Anexo 4.)

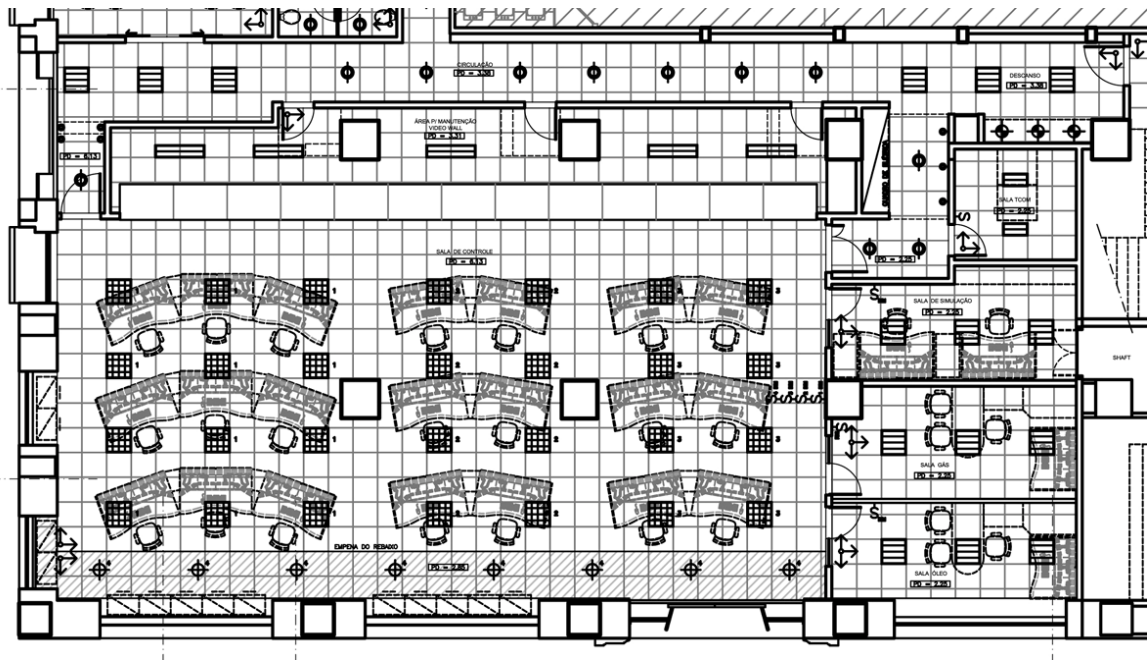


Figura 50 – primeira versão da planta de teto refletido.

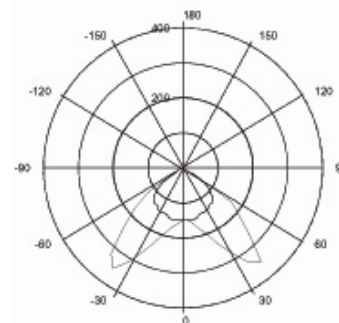


Figura 51 – imagem da luminária utilizada para iluminação geral no estudo preliminar da sala de controle, com aletas parabólicas foscas e duas lâmpadas de 36W (LUMINI FE4594/236) e respectiva curva fotométrica.

A apresentação do estudo preliminar resultou em algumas notas para revisão em planta e croqui de corte vertical que deveriam ser incorporados na próxima fase do projeto (Figura 52 e Figura 53).

Em relação ao estudo preliminar, a modificação mais significativa foi a decorrente de interferências com o projeto de ar-condicionado que reduziu o pé direito do mezanino, resultando em redução da altura útil da sanca de contorno utilizada para iluminação das paredes altas. Esta redução implicaria em menor eficiência lumínica e menor uniformidade do iluminamento vertical desta parede. Julgou-se, no entanto, que ainda era conveniente manter o detalhe para reduzir os contrastes criados pela utilização de luminárias embutidas e do display auto iluminado do *video wall*, que deixavam uma faixa de parede mais escura. Também foram substituídas as lâmpadas das luminárias do PD duplo de 2x36W para 4x14W, mesma lâmpada adotada no mezanino, para facilitar a manutenção.

Paralelamente, foi acompanhado o projeto de especificação de materiais. As refletâncias dos materiais que não foram fornecidas pelos fabricantes eram medidas experimentalmente, de forma a atender os parâmetros definidos em norma e obter subsídios para a simulação lumínica no programa *Lumen Micro*.

No que diz respeito ao mobiliário, foi acompanhado o processo de desenvolvimento das estações tendo em vista definir o melhor posicionamento dos displays de acordo com a geometria olho-tela. O programa de necessidades exigia 6 monitores LCD por console. A equipe de interiores e os fornecedores de mobiliário estudaram propostas com diferentes composições para esta quantidade de displays: todos os 6 displays em linha; 3 displays no nível da mesa e 3 outros num nível acima; 4 displays no nível da mesa e 2 outros num nível acima dos displays das pontas. Optou-se por adotar esta última, que mantinha os monitores relativamente próximos do operador e abria um espaço central para visualização do *video wall* (Figura 54).

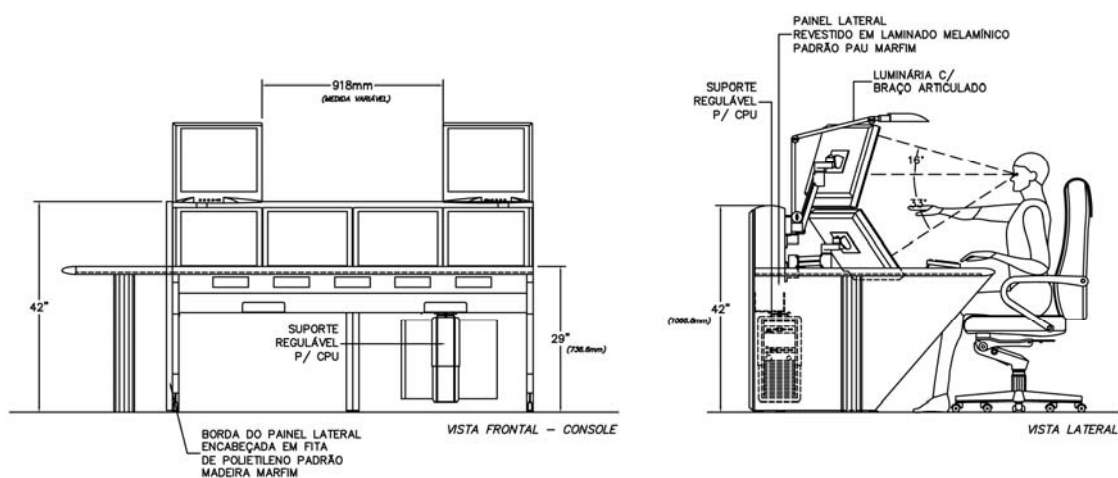


Figura 54 – composição adotada para os monitores no console.

Em relação à organização e agrupamento do mobiliário no ambiente, foram estudadas 3 opções pela equipe de interiores e pelo fornecedor do mobiliário: com agrupamento em linha; com agrupamento côncavo em relação ao *video wall*; com agrupamento convexo em relação ao *video wall*. Foi aconselhado o agrupamento dos consoles em linha de forma que todos os operadores estivessem voltados para o *video wall*, facilitando a visão do mesmo e reduzindo a possibilidade de ofuscamento e reflexões causadas pelas janelas laterais (fachada sudoeste). Havia no entanto uma preferência dos representantes da empresa pela opção côncava que parecia a eles integrar os operadores em pequenos grupos embora a grande largura das mesas não permitisse tal integração. Após apresentação dos prós e contras de cada opção pelos projetistas de arquitetura e interiores, foi adotado o layout com os consoles em linha.

6.1.4. PRÉ-EXECUTIVO (OU PROJETO BÁSICO):

Nesta entrega final de desenhos, correspondente ao *Milestones 6* do cronograma geral, foram entregues as plantas de iluminação da sala de controle e um caderno com a descrição do conceito adotado e especificações dos equipamentos utilizados.

Em relação ao anteprojeto, foram necessárias algumas modificações em decorrência de interferências com outras disciplinas. Por solicitação da empresa, o projeto de interiores adotou pele de vidro na fachada interna da passarela para a sala de controle (Figura 55 a Figura 57).



Figura 55 – planta de layout final da sala de controle.



Figura 56 – Vistas interna finais da sala de controle. No canto inferior esquerdo a vista do pele de vidro da passarela.

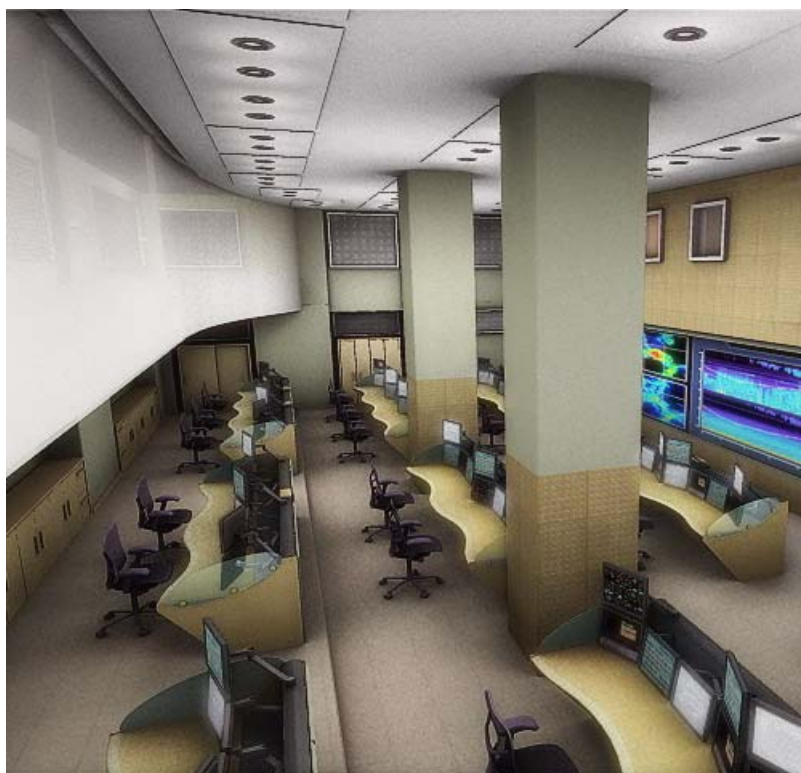


Figura 57 – imagem da maquete eletrônica da sala de controle.

As modificações e interferências de projeto foram analisadas com a consultoria em iluminação e resultaram no relatório apresentado no Anexo 6. A principal recomendação da consultoria neste momento era a utilização de luminária de facho mais fechado no pé direito duplo (Figura 58), para contornar a questão da interferência da pele de vidro da passarela.



Figura 58 – renderização em Lumen Micro, apresentada pela consultoria em iluminação com a utilização de luminária de facho fechado com lâmpada fluorescente compacta de 32W.

Na impossibilidade de reduzir a área reflexiva deste plano vertical, foi necessário também eliminar a sanca de contorno que ocasionaria reflexões no *video wall*. As luminárias de teto foram substituídas por outras de facho mais fechado de forma que não houvesse iluminação direta da pele de vidro nem do *video wall* (Figura 59 a Figura 62). Na parede oposta, onde estavam localizadas os visores da sala dos coordenadores no mezanino, as instalações de troca de ar destas salas reduziram ainda mais as dimensões úteis da sanca, inviabilizando este detalhe também nesta parede, onde ele era especialmente necessário para reduzir possível sensação subjetiva de confinamento criada pela dimensão alongada da sala. Tendo em vista a eliminação da sanca como complemento, o cálculo da iluminação geral para luminárias de facho fechado previu iluminamento médio no plano de trabalho de 500lux com controle por dimmers. A sanca de contorno foi substituída por luminárias embutidas junto às colunas e junto aos trechos de parede cega nas laterais, criando focos de interesse para reduzir a sensação subjetiva de tensão do ambiente que

pudesse ser gerada pelas paredes pouco iluminadas, sem que houvesse prejuízo na forma de reflexos nos displays.



Figura 59 – luminária de fecho fechado para 2 lâmpadas fluorescentes compactas de 32W (LUMINI 4039/232) ou de 42W (LUMINI 4039/242). Esta segunda possui vida mais longa, diminuindo a periodicidade da manutenção.

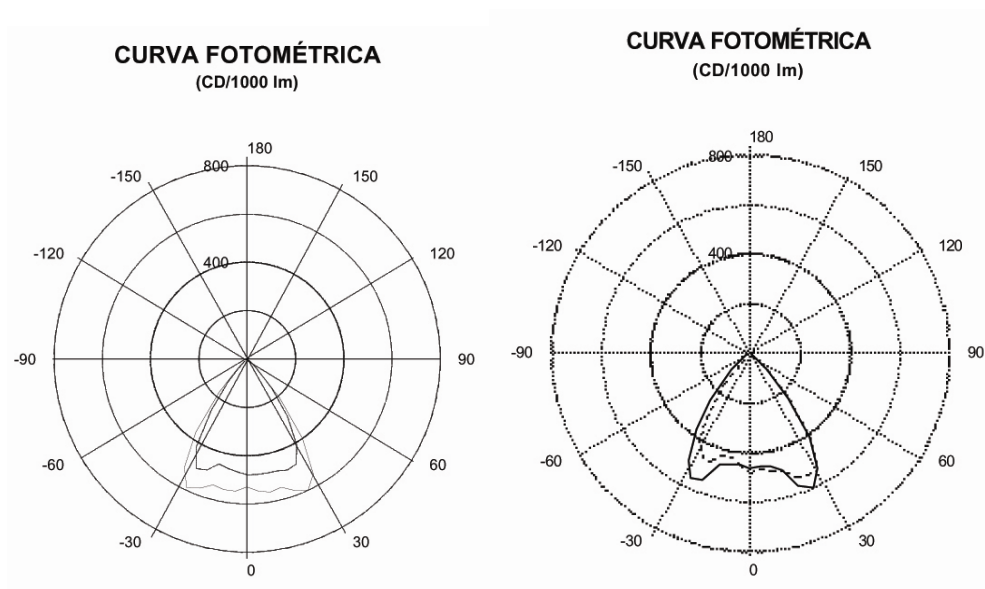


Figura 60 – a curva de isolux a esquerda corresponde à luminária para 2 lâmpadas de 32W e a da direita para 2 lâmpadas de 42W. A comparação das curvas mostra que a segunda luminária apresenta curvas isolux transversal e longitudinal mais semelhantes e formato asa de morcego mais pronunciado, o que deve resultar em iluminação horizontal mais uniforme.

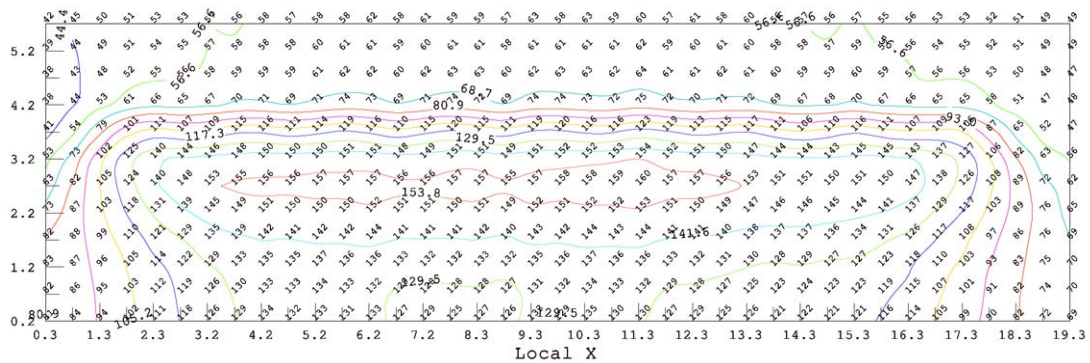


Figura 61 – distribuição das iluminâncias resultante das novas luminárias no plano vertical da parede onde será instalado o *video wall* (desenvolvida pela consultoria em iluminação; Imagem ampliada no Anexo 4)

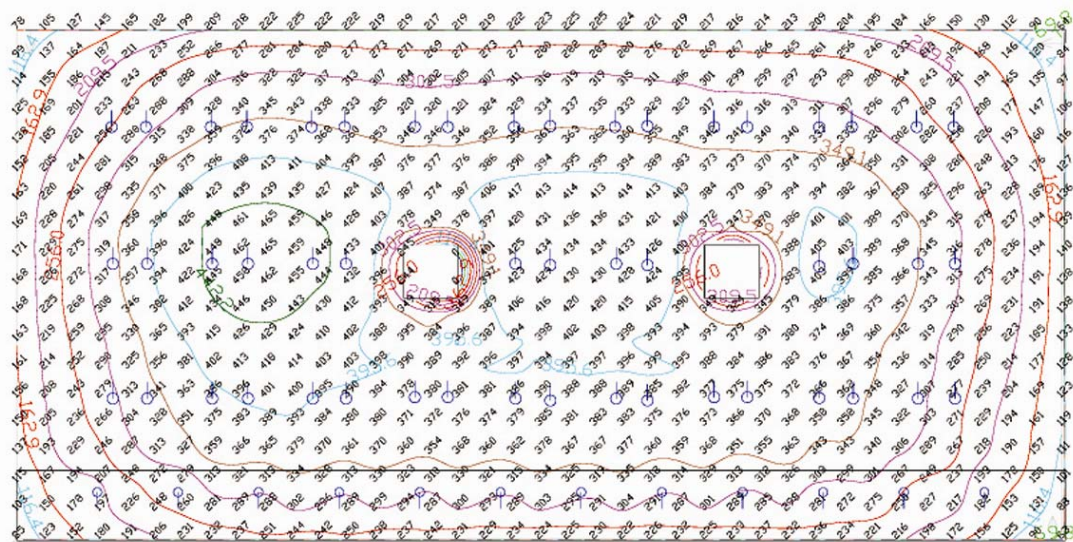


Figura 62 – distribuição das iluminâncias resultante das novas luminárias no plano horizontal de trabalho (desenvolvida pela consultoria em iluminação; imagem ampliada no Anexo 4)

Dentro do ambiente da passarela, as arandelas que poderiam ser fonte de contrastes e reflexões foram substituídas por sanca linear que iluminaria o teto e indiretamente o ambiente. Em complemento foram locados balizadores em led, que estabeleceriam um percurso de observação com iluminação segura e permitiriam que a sanca pudesse ser dimerizada ao mínimo.

A luminária de fecho fechado introduzida permitiu utilizar lâmpadas fluorescentes compactas triplas 42W, que possuem maior vida facilitando o aspecto de manutenção que é crítico em ambientes de trabalho com funcionamento ininterrupto.

De uma forma geral, o que marcou o projeto final de iluminação não foi uma solução ideal para a sala de controle e sim o resultado de uma série de

interações entre disciplinas, sempre buscando estratégias para maximizar a qualidade da luz no ambiente e minimizar os defeitos de iluminação decorrentes das definições impostas pelo cliente e por outras disciplinas.

As plantas completas de teto refletido e o memorial descritivo de iluminação constam dos Anexos 8 e 9.

6.2. O PROJETO DE ILUMINAÇÃO DOS ESCRITÓRIOS

6.2.1. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS:

Assim como o projeto de iluminação da sala de controle, o projeto de iluminação dos escritórios envolveu inicialmente uma série de atividades relativas ao levantamento e análise de dados. No entanto, diante das pressões de tempo e como o escritório informatizado possui equipamentos e mobiliário bem mais padronizados e é amplamente referenciado em publicações acadêmicas e normas de iluminação, optou-se por não realizar o acompanhamento de situação de referência. Seguiram-se as etapas de projeto: estudo preliminar; anteprojeto e projeto pré-executivo.

6.2.1.1. OBSERVAÇÃO DAS INSTALAÇÕES ATUAIS:

Além do trabalho de operação nas salas de controle, há diversas funções administrativas e de apoio operacional sendo realizadas nos escritórios contíguos. Basicamente, há três equipes distintas: a do apoio operacional e administrativo para o gás, a do apoio operacional e administrativo para o óleo e a equipe de suporte aos *softwares* utilizados na operação das salas de controle.

Hoje, estas equipes ocupam áreas próximas às salas de controle do óleo e do gás no 8º andar do edifício sede (Figura 63). Todos os escritórios têm janelas. Parte do escritório coletivo está voltada para a fachada sudeste. Os escritórios individuais e as demais estações de trabalho do escritório coletivo estão voltados para o prisma interno, com fachadas noroeste e nordeste.



Figura 63 – instalações atuais do escritório do centro de controle, no 8º andar do edifício sede da empresa.

O pé direito tem 240m. A sala possui piso de tonalidade média/escuro (tapete verde escuro), paredes revestidas em pintura cor branca e painéis divisórios em tecido de tonalidade média/claro (verde claro), forro acústico em tonalidade clara (branco), resultando em ambientes de iluminação uniforme. A iluminação geral é dimerizada e fornecida por luminárias embutidas para 4 lâmpadas fluorescentes tubulares 16W-4000K com aletas planas aluminizadas de alto brilho.

Nos escritórios de uso coletivo as estações de trabalho são constituídas de amplas mesas em “L” (1.60 x 1.80m) dotadas de um computador e um telefone cada uma. As estações são individuais e divididas por divisórias baixas de altura 1.10m revestidas em tecido tonalidade médio/clara (verde claro). Nos escritórios individuais – salas dos coordenadores do gás e do sistema – a mesa principal é um pouco mais longa e livre de divisórias, permitindo pequenas reuniões. O coordenador do óleo atualmente não ocupa sala individual.

Nos escritórios o funcionamento não é ininterrupto. O turno de trabalho é das 8 às 17hs. O nível de iluminação gira em torno de 600 lux como mostram as medições realizadas (Anexo 7).

As telas dos monitores estão voltadas para as janelas fazendo ângulo de 45° com elas. Embora esta seja a posição sugerida pelo mobiliário em “L”, o posicionamento do monitor perpendicularmente à janela reduziria a possibilidade de reflexões pela reflexão da vista exterior na tela.

Nas janelas da fachada sudeste há incidência de luz do sol no início da manhã e na fachada noroeste nos momentos em que o sol está mais alto pois ela está voltada para um prisma de ventilação (Anexo 2). As janelas apresentam como proteção contra a luz do sol o vidro laminado reflexivo de transmitância aproximada de 58%²³, persianas e cortinas tipo rolô em tecido sem *black-out*. Grande parte das persianas e rolôs, especialmente na fachada noroeste, ficam abaixadas o que se justifica pelo reflexo nos monitores de porções de céu e das edificações externas iluminadas pelo sol e pela entrada da própria luz sol em alguns momentos do dia.

²³ Transmitância medida de forma experimental em trecho de vidro limpo utilizando um luxímetro. Iluminância vertical exterior junto ao vidro = 4820 lux. Iluminância vertical interior na face interna do vidro = 2800 lux. Razão = 0,58.

6.2.1.2. PESQUISA DE NORMAS E RECOMENDAÇÕES

Em relação aos escritórios podemos considerar de uma forma geral as mesmas recomendações expostas para a sala de controle sem, no entanto, aplicá-las com o mesmo rigor uma vez que não está presente o trabalho noturno e os displays se limitam aos monitores de vídeo nas estações de trabalho. O nível de iluminação deve ser mantido em torno de 500lux já que a presença das atividades de leitura de cópias e escrita à mão é mais freqüente. A presença de luz natural é desejável, tanto para o bem estar dos trabalhadores quanto pro motivos de eficiência energética, e neste caso é indicado utilizar sistemas de controle fotoelétrico da iluminação artificial de forma que os níveis de iluminação mantenham uniformidade de distribuição nos planos de trabalho. Quando a presença de lua natural não é significativa, a flexibilidade do controle de iluminação não é imprescindível. A iluminação de tarefa é desejável especialmente quando as atividades de trabalho forem variadas e exigirem diferentes níveis de iluminação.

6.2.1.3. O NOVO ESPAÇO E O PROGRAMA DOS ESCRITÓRIOS:

A área destinada aos novos escritórios localiza-se no mezanino do mesmo edifício sede da empresa onde se encontra o centro de controle em funcionamento (Figura 65 e Figura 64). Este espaço abrigará as equipes de apoio do gás, do óleo e a equipe de suporte ao sistema, além dos escritórios individuais (coordenadores das equipes de óleo, de gás e do sistema). Trata-se de uma área de pé direito baixo (2,80m em osso) com janelas para a fachada sudoeste apenas em um pequeno trecho, limitando a luz natural e a visão do exterior por grande parte da equipe.

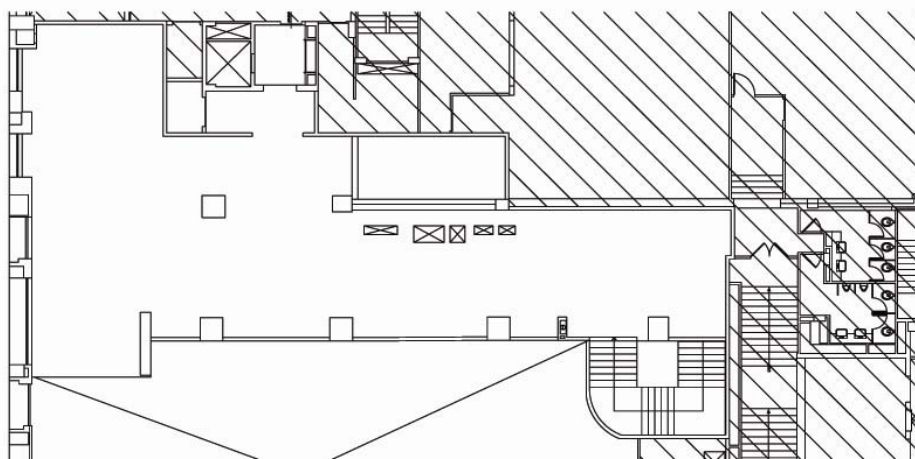


Figura 64 – planta da área disponível para instalação dos escritórios do centro de controle.



Figura 65 – corte vertical do mezanino disponível para instalação dos escritórios do centro de controle.

Desde o início do processo ficou evidente que o novo espaço implicaria em redução das estações de trabalho originais do 8º pavimento e na impossibilidade de prover iluminação natural e visão do espaço exterior para a maioria dos postos. Para que as 3 equipes ocupassem o mesmo espaço, seria necessário tratamento acústico que reduziria ainda mais o PD o que poderia interferir no projeto de iluminação.

Em função do espaço disponível e do programa proposto, algumas diretrizes do projeto de iluminação já estavam claras. Foi solicitado à equipe de interiores que o pé direito fosse mantido o mais alto possível para melhor distribuição da luz. Seriam especificadas luminárias de menor altura quando possível para minimizar o espaço ocupado pelos equipamentos de iluminação no forro. Para permitir maior flexibilidade no layout seria adotada uma distribuição uniforme das luminárias no ambiente.

6.2.1.4. O ACOMPANHAMENTO DO ESTUDO DE LAYOUT

O desenvolvimento dos estudos de layout dos escritórios foi acompanhado e analisado também sob a ótica do projeto de iluminação. A cada estudo da sala de controle apresentado pela equipe de interiores estava vinculado um estudo para os escritórios, mas todos os 3 estudos revelavam dificuldades em acomodar os postos de trabalho definidos pelo programa de necessidades, resultando em pouca clareza nas circulações e na distribuição do espaço pelas equipes. O projeto de iluminação necessitaria com isso prover iluminação mais homogênea e, em consequência, mais monótona. Foi solicitado então que o cliente estudasse a possibilidade de ampliar o espaço destinado aos escritórios para que as estações de

trabalho estivessem mais bem acomodadas. Na primeira ampliação do espaço concedida pelo cliente a organização do layout já se mostrava bem mais clara (comparar Figura 66 e Figura 67). Houve ainda mais ampliação do espaço disponível, embora mais discreta. Com isso, não seria necessário adotar iluminação tão homogênea. Seria possível diferenciar áreas de circulação de áreas de trabalho, proporcionando ainda maior clareza ao uso do espaço.



Figura 66 – estudo layout dos escritórios para o espaço inicial.

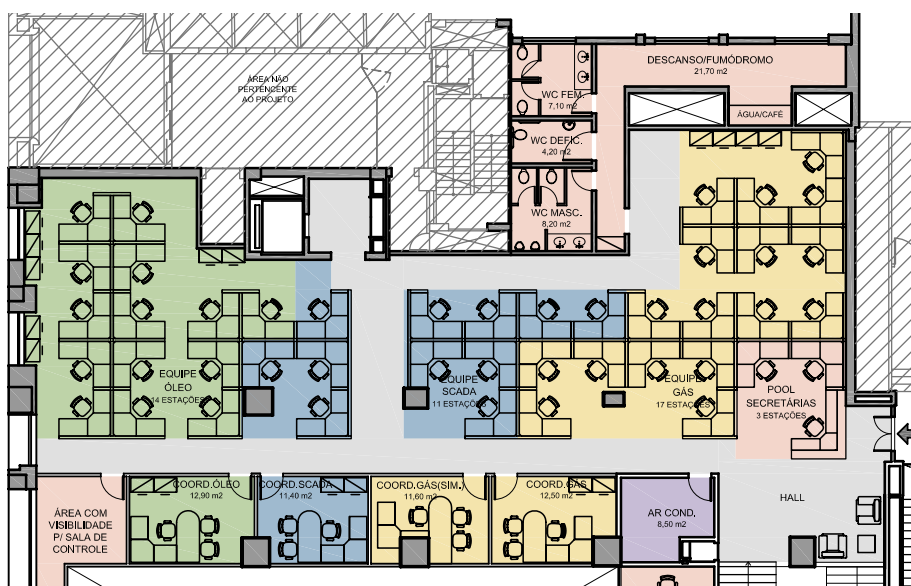


Figura 67 – estudo layout dos escritórios para o espaço ampliado.

6.2.1.5. AS POSSIBILIDADES E OS LIMITANTES INICIAIS:

6.2.1.5.1. Decorrentes do cronograma

Como no projeto da sala de controle, esperava-se que a obra fosse concluída ainda em 2006 e o tempo era um fator limitante desde o início do

planejamento do projeto. Em função disso, o projeto de iluminação deveria ser apresentado o mais completo possível na fase de estudo preliminar, de forma a fornecer subsídios ao projeto de instalações elétricas e estabelecer mais rapidamente diálogo com as outras disciplinas.

6.2.1.5.2. Decorrentes do espaço e do programa:

O ambiente apresentava grande área mas pé direito reduzido (2.80m em osso), favorecendo a sensação de confinamento, agravada pela pouca disponibilidade de luz natural e vista do exterior. Para liberar o pé direito da área das estações de trabalho, optou-se por utilizar o forro das circulações para passagem dos dutos de ar condicionado, fazendo o insuflamento pela testa do forro. No entanto, as grandes dimensões apontavam também para problemas de ruído que seriam minimizados pela utilização de mascaramento sonoro. Este tipo de sistema exige um espaço de plenum em torno de 20/25cm. Por outro lado, para passagem das instalações elétricas e de automação seria necessário instalar piso elevado com altura em torno de 15cm. Resultariam então num pé direito de no máximo 2.45m, inferior aos 2.50m indicados pelo código de obras para instalações de escritórios.

6.2.1.5.3. Decorrentes do mercado:

Como na sala de controle, para atender as recomendações de refletâncias e conseqüentemente garantir adequada distribuição de luz e brilho no ambiente, seria preciso acompanhar a definição de materiais de acabamento, avaliando as refletâncias e texturas dos materiais. Foi adotado o método experimental proposto por ROBBINS (1986) para definição da refletância, quando não era fornecido este índice pelo fabricante. Para garantir o desempenho das luminárias e possibilitar simulação lumínica no programa *Lumen Micro* foi exigido o fornecimento das curvas fotométricas e arquivos *ies* pelos fabricantes.

6.2.2. ESTUDO PRELIMINAR:

Para o escritório panorâmico foi projetada iluminação geral com nível em torno de 500 lux no plano de trabalho, utilizando-se luminárias embutidas dentro dos limites de luminâncias recomendados para ângulos entre 50 e 90 graus com a normal (IES, 2000) para garantir adequado controle de ofuscamento e reflexões. Em função do pé direito restrito foi selecionada luminária de altura reduzida com lâmpadas

fluorescentes T5, de menor diâmetro mas de excelente rendimento e aletas parabólicas (Figura 68).

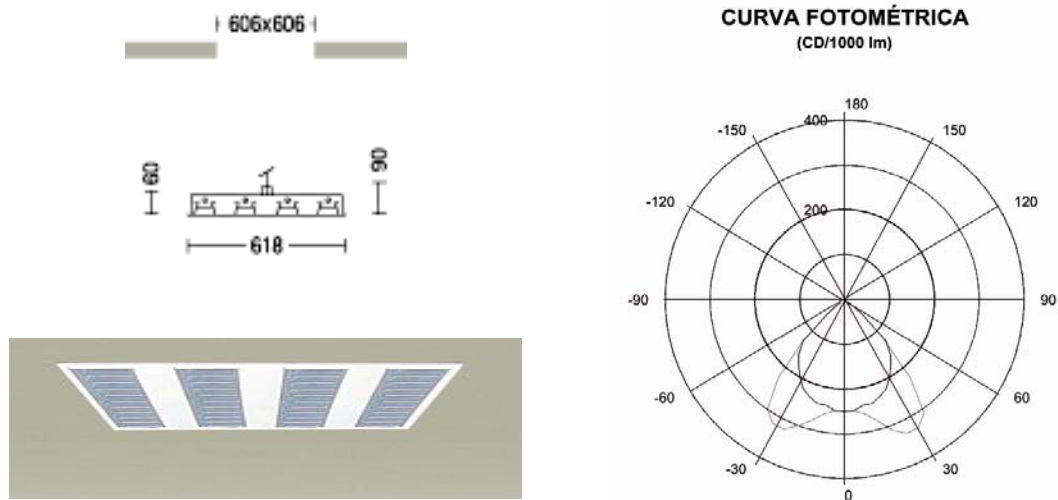


Figura 68 – imagem da luminária sugerida para iluminação geral do escritório no estudo preliminar, altura = 9cm com aletas parabólicas para 4 lâmpadas T5 fluorescentes de 14W (LUMINI FE1770/414) e respectiva curva fotométrica.

As luminárias foram distribuídas de forma regular (Figura 69 Figura 70) e, garantindo maior flexibilidade de layout. Nos salas dos coordenadores, foi adotado o mesmo conceito do escritório panorâmico.

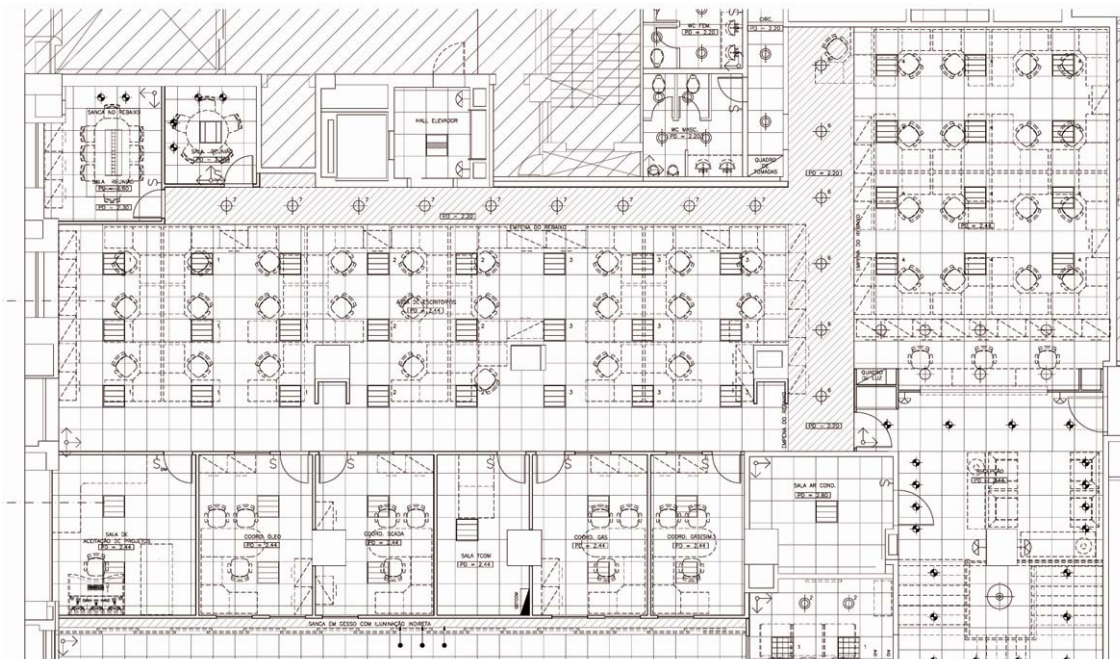


Figura 69 – planta com distribuição regular das luminárias no escritório panorâmico. A circulação com PD=2.20m e o escritório com PD=2.44m.

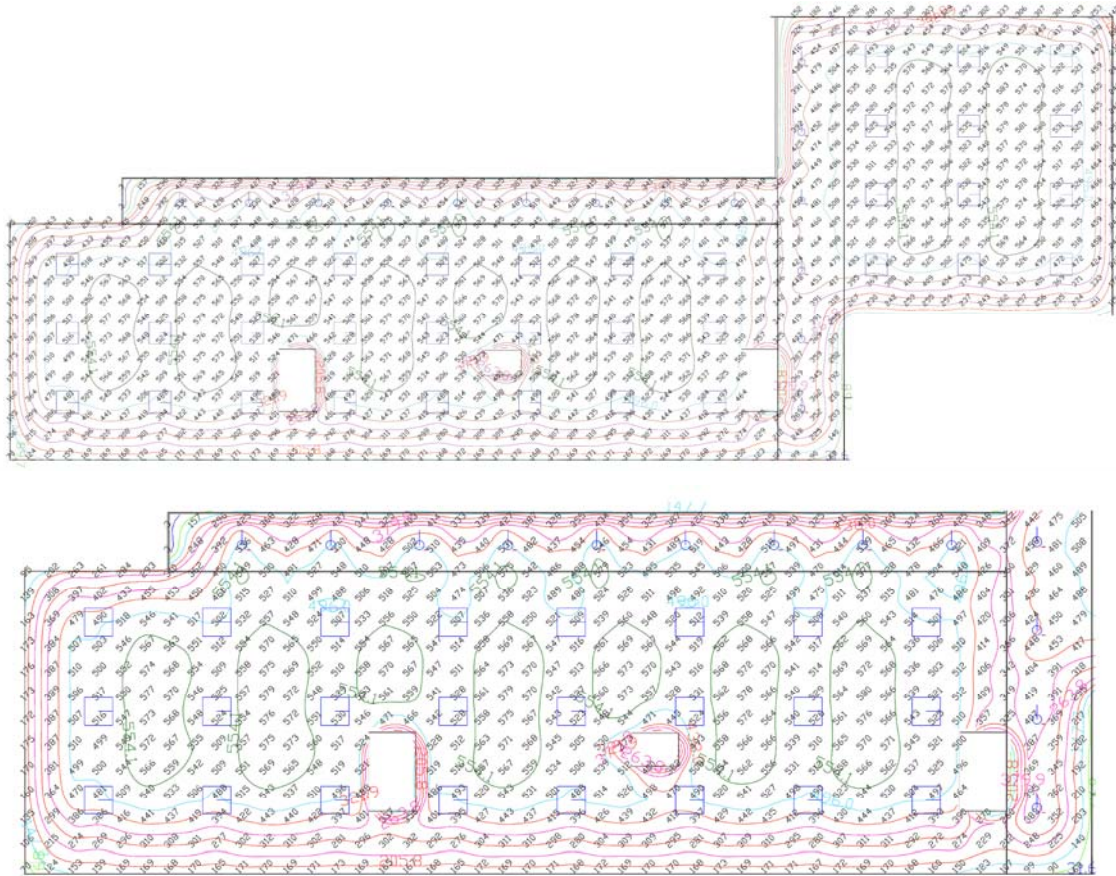


Figura 70 – simulação da distribuição de iluminância no escritório (imagem reduzida) e na sua parte mais ampla (imagem ampliada), com distribuição regular das luminárias.
(Simulação fornecida pela consultoria em iluminação. Imagem ampliada no Anexo 4.)

Para as circulações do escritório (Figura 71), de pé direito mais baixo e que ficam dentro do campo de visão dos trabalhadores, foram seleccionadas luminárias também dentro dos limites de luminâncias recomendados, para maior controle do ofuscamento e reflexões: luminárias com louver duplo parabólico de alta reflexão e acabamento fosco para lâmpadas fluorescentes compactas (Figura 72).

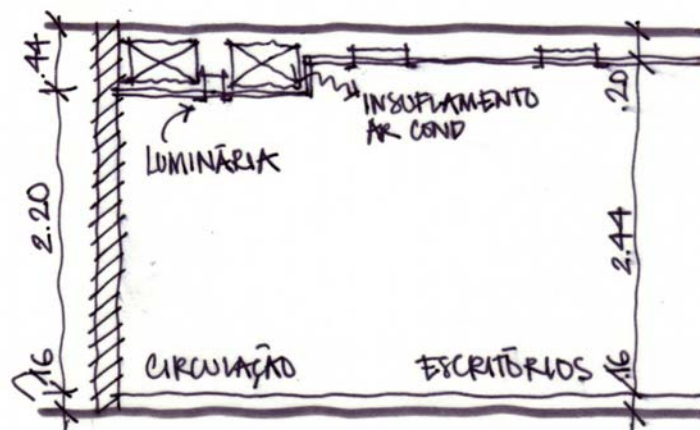


Figura 71 – Croqui do corte vertical entre escritórios e respectiva circulação.

6.2.4. PRÉ-EXECUTIVO (OU PROJETO BÁSICO):

Na fase final do projeto, com o layout e desenho definitivo das estações de trabalho (Figura 74 e Figura 76) e definição das alturas das divisórias, optou-se por redistribuir as luminárias de forma irregular. O projeto de acústica recomendava divisórias com altura mínima de 1,25m entre os agrupamentos de postos de trabalho. Estas divisórias são encontradas no mercado em alturas que variam de 1,25m a 1,35m, o que poderia significar sombras marcadas nas estações de trabalho, visto que o pé direito prejudicava a distribuição mais uniforme da luz.



Figura 74 - layout final dos escritórios.



Figura 75 – maquete eletrônica com *layout* final dos escritórios.

Em função da altura das divisórias entre as estações, as luminárias foram reposicionadas de forma não uniforme, seguindo a malha do forro acústico mas atendendo de forma mais adequada aos postos de trabalho, em detrimento da flexibilidade do layout (Figura 76).

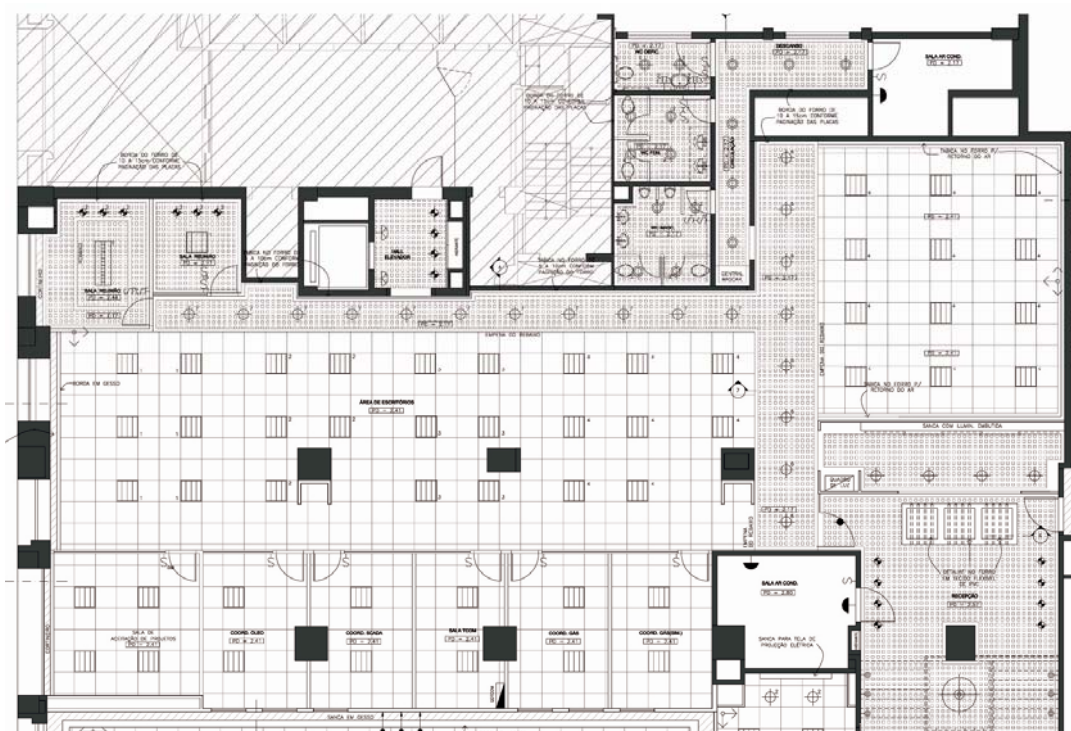


Figura 76 – planta final com distribuição irregular das luminárias no escritório panorâmico. A circulação com PD=2.17m e o escritório com PD=2.41m.

As plantas completas de teto refletido e o memorial descritivo de iluminação constam dos Anexos 8 e 9.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como finalidade mostrar na prática de um projeto luminotécnico como as interações e iterações do processo de projeto podem contribuir para a qualidade da iluminação, fundamental às atividades de trabalho nos centros de controle. Esta qualidade da iluminação não está restrita à especificação, quantificação e locação de luminárias, mas está sim relacionada a uma série de outras características do ambiente (pé-direito, posição das janelas em relação ao percurso solar, acabamentos das superfícies, layout, desenho do mobiliário, entre outros), o que é especialmente importante nos centros de controle, que funcionam de forma ininterrupta em regime de turnos e onde o emprego de displays auto-iluminados é crescente.

O estudo de campo trouxe uma reflexão sobre a prática de projeto da iluminação de um centro de controle. Esta abordagem permitiu produzir interpretações generalizáveis sobre o projeto de iluminação e sua inserção no processo de projeto da edificação, tendo em vista contribuir para a produção de conhecimento científico. Entre os documentos que permitiram validar o relato estiveram anotações de projeto, relatórios, desenhos e documentos técnicos, a partir dos quais foi feita a redação histórica da intervenção.

Foram identificadas situações que podem resultar em comprometimento da qualidade da iluminação, destacando-se entre elas as questões relativas à arquitetura do ambiente, sejam de ordem técnica ou funcional, interferências com projetos complementares, restrições de orçamento e de prazo para desenvolvimento do projeto e indisponibilidade de informações no mercado brasileiro sobre materiais de acabamento e sistemas de iluminação. A dificuldade em obter junto aos fabricantes valores de refletância das superfícies e arquivos digitais com as curvas de distribuição das luminárias implica em comprometimento da precisão dos cálculos luminotécnicos, da simulação lumínica do ambiente e em consequência do resultado do projeto em si. Diante dos conflitos inevitáveis de uma situação de projeto real, é fundamental construir compromissos entre as necessidades dos diferentes usuários e as demandas das diferentes disciplinas para garantir a qualidade final do projeto como um todo e, em consequência, maximizar a qualidade da iluminação. Neste contexto de projeto possível, viabilizado a partir da negociação, as interações entre os diferentes atores e ciclo de iterações que identifica, analisa, propõe e revisa as dificuldades e

interferências entre disciplinas, se revelam fundamentais para melhor resultado do projeto luminotécnico.

A pesquisa bibliográfica nos permitiu ainda constatar, como outros autores, que a Norma brasileira 5413 (MTE, 1992) está longe de estabelecer parâmetros adequados para o trabalho em ambientes com uso intenso de terminais de vídeo, especialmente para os centros de controle. Não apenas porque fornece parâmetros de iluminância muito genéricos, mas porque a qualidade da iluminação não se assegura somente pelos níveis de iluminância por ela estabelecidos. A Norma Regulamentadora NR17 (MTE, 1990) apresenta indicações um pouco mais amplas mas, no entanto, insuficientes para indicar claras possibilidades de projeto. Recomendações mais concretas foram encontradas nas normas ISO - específicas para ambientes com uso intenso de terminais de vídeo e centros de controle em particular – e em publicações de iluminação acadêmicas mais específicas.

Como em grande parte dos escritórios atuais, as atividades de trabalho dos centros de controle são marcadas por variações inter-individuais e intra-individuais. Nestes casos, é importante que seja observada a natureza das atividades, como sinaliza a NR17 (MTE, 1990), levando-se em conta a análise ergonômica do trabalho. A iluminação indicada para uma determinada tarefa que envolve leitura de mídia passiva, por exemplo, pode gerar reflexões e ofuscamento para tarefas que envolvam leitura de mídia ativa (*displays*) e, inversamente, a iluminação adequada para tarefas de leitura em mídia ativa pode ser insuficiente para a maioria dos usuários desempenhar tarefas de leitura em mídia passiva. O sistema de iluminação precisa ser projetado de forma suficientemente flexível para se adequar às diferentes tarefas e aos diferentes usuários.

Na iluminação da sala de controle, em particular, foram identificadas questões críticas a serem consideradas em projeto. Por um lado, o trabalho em turnos sugere o emprego de níveis de iluminação mais elevados, aumentando a acuidade visual, atenção e estado de alerta. Por outro lado, a grande quantidade de displays, sejam internos ou externos à estação de trabalho, sugere especial atenção na sua especificação e posicionamento, além de níveis de iluminação mais baixos para melhor controle do ofuscamento e das reflexões. Esta contradição sugere que, embora possam ser estabelecidas premissas de projeto, não há como estabelecer soluções genéricas para a iluminação do centro de controle. Ao contrário, cada ambiente lumínico precisa ser analisado enquanto espaço de trabalho singular, com

características únicas e projetado de acordo com as características próprias de sua arquitetura, sua atividade de trabalho e sua população de trabalhadores.

Outra questão que se revelou importante no que diz respeito a sala de controle em função das restrições psicofisiológicas impostas pelo trabalho em turnos é o contato com o ambiente exterior. Meio às inúmeras restrições que cercam a escolha de um espaço de trabalho, especialmente quando não se trata de nova edificação, nem sempre é possível priorizar a questão da iluminação natural, ficando limitadas as possibilidades de projeto em relação à visão do ambiente exterior e ao aproveitamento da luz natural como o posicionamento e dimensão das janelas em relação ao percurso do sol e os equipamentos de sombreamento e controle solar. No entanto, a participação ativa do projetista de iluminação no processo de projeto é fundamental para que sejam minimizados possíveis defeitos de iluminação decorrentes, não apenas pela especificação, quantificação e distribuição de luminárias mas pela intervenção negociada na definição de layout, mobiliário, acabamentos de interior e especificação de displays, entre outros.

As ferramentas apresentadas nos capítulos teóricos permitem fornecer apoio a projetistas e ergonomistas em projetos de iluminação para ambientes de trabalho com uso intenso de displays, especialmente para os centros de controle. São instrumentos úteis na identificação de problemas luminotécnicos e na sugestão de sistemas de iluminação fundamentados na tecnologia de iluminação mais recente. Particularmente em relação à reflexões e ofuscamento, a pesquisa discute as ferramentas disponíveis para sua análise e as soluções concretas de projeto, sempre considerando maximizar a qualidade dentro de um contexto de projeto possível.

A impossibilidade de realizar uma avaliação pós-ocupação configurou uma limitação da pesquisa. O centro de controle considerado no estudo de caso teve um longo processo de licitação o que resultou no adiamento do início das obras, que ainda estão em andamento. Um adequado plano de manutenção no período de pós-ocupação é fundamental para garantir a qualidade e quantidade de luz projetada assim como minimizar perdas no consumo de energia. Futuras avaliações com os usuários, acompanhamentos das atividades e medições se fazem fundamentais para complementação dos resultados desta pesquisa.

Por outro lado, os resultados encontrados na reflexão sobre o projeto sugerem que trabalhos futuros dentro desta mesma metodologia podem levar a

contornos mais precisos e generalizáveis sobre o efeito do processo de projeto na qualidade da iluminação.

Esta pesquisa aponta também para a necessidade de pesquisas na área de iluminação de ambientes de trabalho que envolvam não apenas a questão da eficiência energética – assunto bastante discutido atualmente - mas a necessidade da qualidade da iluminação nestes ambientes. Em particular a combinação de luz natural e artificial, pouco encontrada em ambientes de escritório reais mas essencial à saúde e bem estar do trabalhador, se faz especialmente desejável diante das mudanças climáticas em curso que trazem novas exigências em termos de sustentabilidade ambiental da edificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 5413 - Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- _____. **NBR 5461 - Iluminação – terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.
- ATWOOD, Dennis A.; DEEB, Joseph M.; DANS-REECE, Mary E. **Ergonomic Solutions for the Process Industries**. Oxford: Elsevier, 2004.
- BAKER, N.; FANCHIOTTI, A.; STEEMERS, K. (editors). **Daylighting in Architecture: a European Reference Book**. Commission of the European Communities. First published in 1993. Luxembourg: James&James, 1998.
- BERNECKER, Craig A. **Lighting Design Considerations: Balancing Quality and Sustainability**. In: Seminário Internacional de Iluminação, 2006, Rio de Janeiro. CD-ROM.
- BOUTINET, Jean-Pierre. **Antropologia do Projeto**. Trad: Patrícia C. Ramos. 5ª edição. São Paulo: Artmed, 2002. Tradução de: Anthropologie du projet (1999).
- BOYCE, Peter R. **Human factors in lighting**. 2ª edição. London: Taylor & Francis, 2003.
- BRIDGER, Robert. **Introduction to Ergonomics**. Londres: Taylor & Francis, 2003.
- BUCCIARELLI, Louis L. "Reflective practice in engineering design". **Design Studies**, v.5, n.3, pp.185-190. London: Elsevier, 1984.
- BUCCIARELLI, Louis L. **Designing Engineers**. Cambridge: The MIT Press, 1994.
- DANIELLOU, François. "O Ergonomista e os atores da Concepção". In: **Actes du XXIXème Congrès de La Société d'Ergonomie de Langue Française**. Trad: Francisco Duarte. Winnipeg: SELF, 1994.
- DANIELLOU, François. **L'opérateur la vanne l'écran - L'ergonomie des salles de contrôle**. Montrouge: ANACT, 1986.
- DANIELLOU, François. **Métodos em ergonomia de concepção: a análise de situações de referência e a simulação do trabalho**. In: Ergonomia e Projetos Industriais de Processo Contínuo. Org: Francisco José de Castro Moura Duarte. pp. 29-33. Rio de Janeiro: Lucerna, 2001.
- DANIELLOU, François; RABARDEL, Pierre. "Activity-oriented approaches to ergonomics: some traditions and communities". **Theoretical Issues in Ergonomics Science**, v.6, n.5, September 2005, pp.353-357. London: Taylor & Francis, 2005.
- DANZIEL, Robert. **Architecture**. In: The commercial offices handbook. Chapter 8. p. 175-205. Editor: Timothy Battle. London: RIBA Enterprises, 2003.

- DESCHAMPS, Jean-Philippe; NAYAK, Raganath P. "Devising a bold game plan - Canon's copier breakthrough". **Product Juggernauts - How companies mobilize to generate a stream of market winners**, chapter 4. New York: McGraw-Hill, 1995.
- DUARTE, F. **Complementaridade entre Ergonomia e Engenharia em Projetos Industriais**. In: Ergonomia e Projetos Industriais de Processo Contínuo. Org: Francisco José de Castro Moura Duarte. pp. 11-21. Rio de Janeiro: Lucerna, 2001.
- EGAN, David M.; OLGAY, Victor W. **Architectural Lighting**. Second edition. New York: Mc Graw Hill, 2001.
- FARACO, R.; SANTOS, C.; PORTO, M. **Conforto visual: uma reflexão sobre o conceito e fatores influentes**. In: Anais do Seminário Internacional do Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, outubro/2006.
- GANSLANDT, Rüdiger; Hofmann, Harald. **Handbook of lighting design**. 1st edition. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg, 1992
- GILES, Matthew; HARWOOD, Alister. **The end game**. In: Chapter 18. p. 447-4785. Editor: Timothy Battle. London: RIBA Enterprises, 2003.
- GORDON, Gary; NUCKOLLS, James L. **Interior Lighting for Designers**. 3^a edição. New York: John Wiley & Sons, 1995.
- GRANATH, Jan Ake, 1991. **Architecture, Technology and Human Factors: design in a sociotechnical context**. Thesis for PhD - Division for Industrial Architecture and Planning – School of Architecture. Chalmers School of Architecture. Chalmers University of Technology. Gotemborg, Sweden.
- GUÉRIN , F; LAVILLE, A; DANIELLOU, F; DURAFFOURG, J; KERQUELEN, A. **Comprender o trabalho para transformá-lo - a prática da ergonomia**. Trad. Gilianer Ingrata & Marcos Maffei. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2001. Tradução de: Comprendre le travail pour le transformer - la pratique de l'ergonomie (1997).
- HOPKINSON, R. G. **Architectural Physics: Lighting**. London: Department of Scientific and industrial research, 1963.
- HOPKINSON, R. G.; KAY, J.D. **The lighting of buildings**. New York, Frederick A. Praeger, 1969.
- HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação natural**. 2^a. edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1975.
- IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) **Lighting Design Handbook**, 9th edition. New York: IESNA, 2000.

- IIDA, Itiro. **Ergonomia – Projeto e Produção**. 2ª edição revista e ampliada. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- International Organization for Standardization. **ISO 9241-5 – Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 5: Workstation layout and postural requirements**. Genève, 1998
- _____. **9241-6 – Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 6: Guidance on the work environment**. Genève, 1999.
- _____. **1164-3 – Ergonomic design of control centres – Part 3: Control room layout**. Genève, 2002.
- _____. **1164-6 Ergonomic design of control centres – Part 6: Environmental requirements for control centres**. Genève, 2005.
- _____. **13406-1 – Ergonomic requirements for work with visual display based on flat panels – Part 1: Introduction**. Genève, 1999.
- JACKSON, José Marçal, 1998. **Entre situations de gestion et situations de deliberation: l'action d'ergonome dans les projects industriels**. Thèse de Doctorat en Ergonomie. Laboratoire D'Ergonomie de Systèmes Complexes. L'Univesité Bordeau 2. Paris, France.
- JACKSON, Simon. **Interior Design**. In: The commercial offices handbook. Chapter 15 p. 375-397. Editor: Timothy Battle. London: RIBA Enterprises, 2003.
- KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Trad. Lia Buarque M. Guimarães. 5ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2005. Tradução de: Fitting the task to the human (2001).
- LAAR, Michael. **Daylighting in the tropics - an evaluation of sky luminance, glare perception and veiling reflections on VDTS in the tropics**. In: Proceedings of 18th Passive and Low Energy Architecture (PLEA) Conference. pp. 179. Florianópolis, November/2001.
- MELLO, Ana Paula Scabello, 2002. **O projeto de iluminação em ambientes de trabalho informatizados: uma abordagem ergonômica**. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil.
- MTE (Ministério do Trabalho e da Previdência Social), Brasil. **Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia**. 1990.
- OSTERHAUS, Werner K.E. "Discomfort glare assessment and prevention for daylight applications in office environments". **Solar Energy**, v.79, pp.140-158. London: Elsevier, 2005.
- REA, Mark S. "Solving the problem of VDT reflections". **Progressive Architecture**, n.10, October 1991, pp. 35-40. New York, 1991.

- ROBBINS, Claude L. **Daylighting design and analysis**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986.
- ROCHA, E.; SANTOS, C.; COSTA, T.; FARACO, R. **Desenvolvimento e aplicação de uma metodologia de confecção de modelos físicos para predição e avaliação da iluminação natural**. In: Anais do IX Encontro nacional de Tecnologia do Ambiente construído (ENTAC). Florianópolis, agosto/2006
- SCHON, Donald A. **The reflective Practioner – How professionals think in action**. New York: Basic Books, 1983
- STEFFY, Gary R. **Architectural Lighting Design**. 2nd edition. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- STEFFY, Gary. **Lighting the electronic office**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1995.

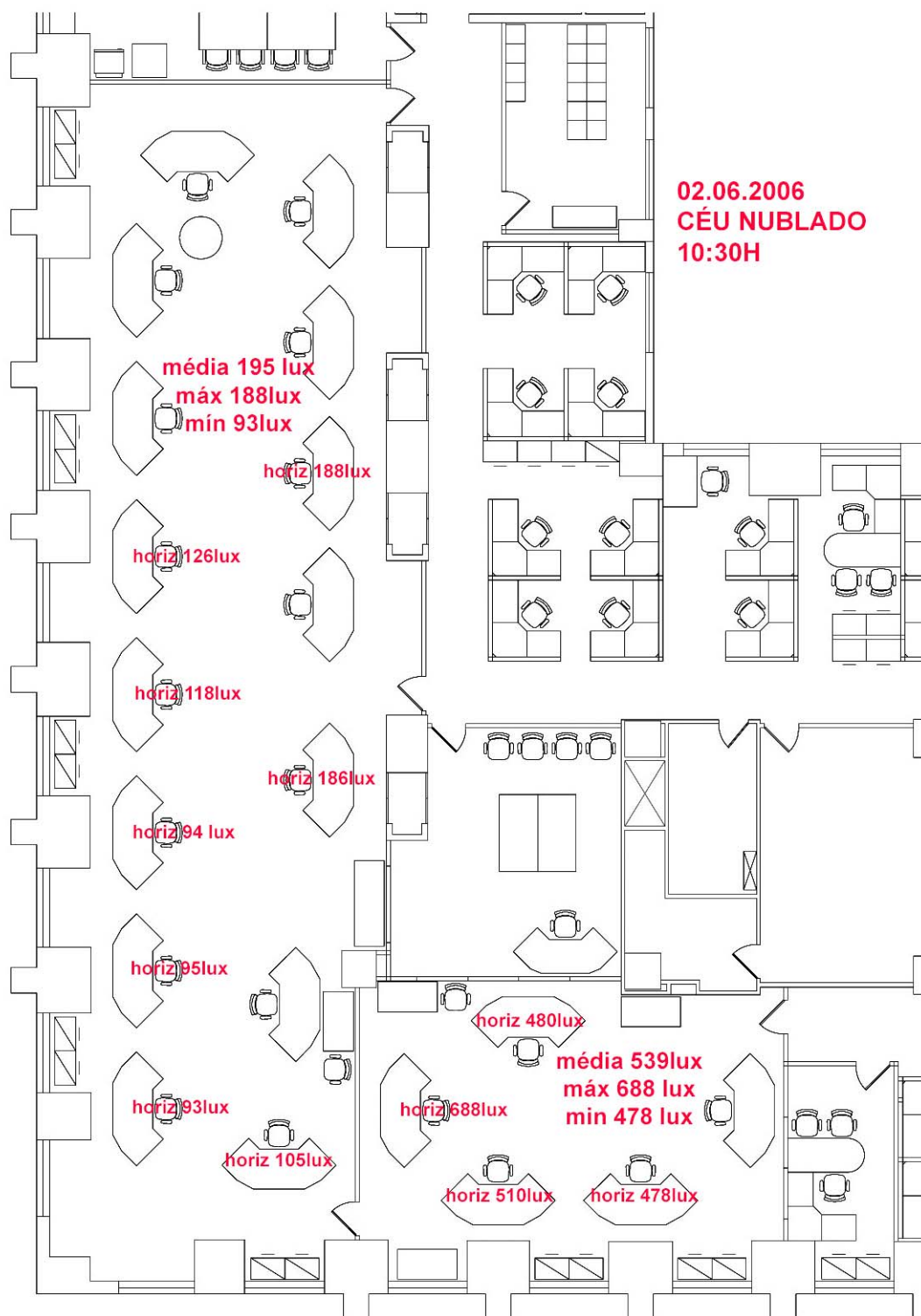
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

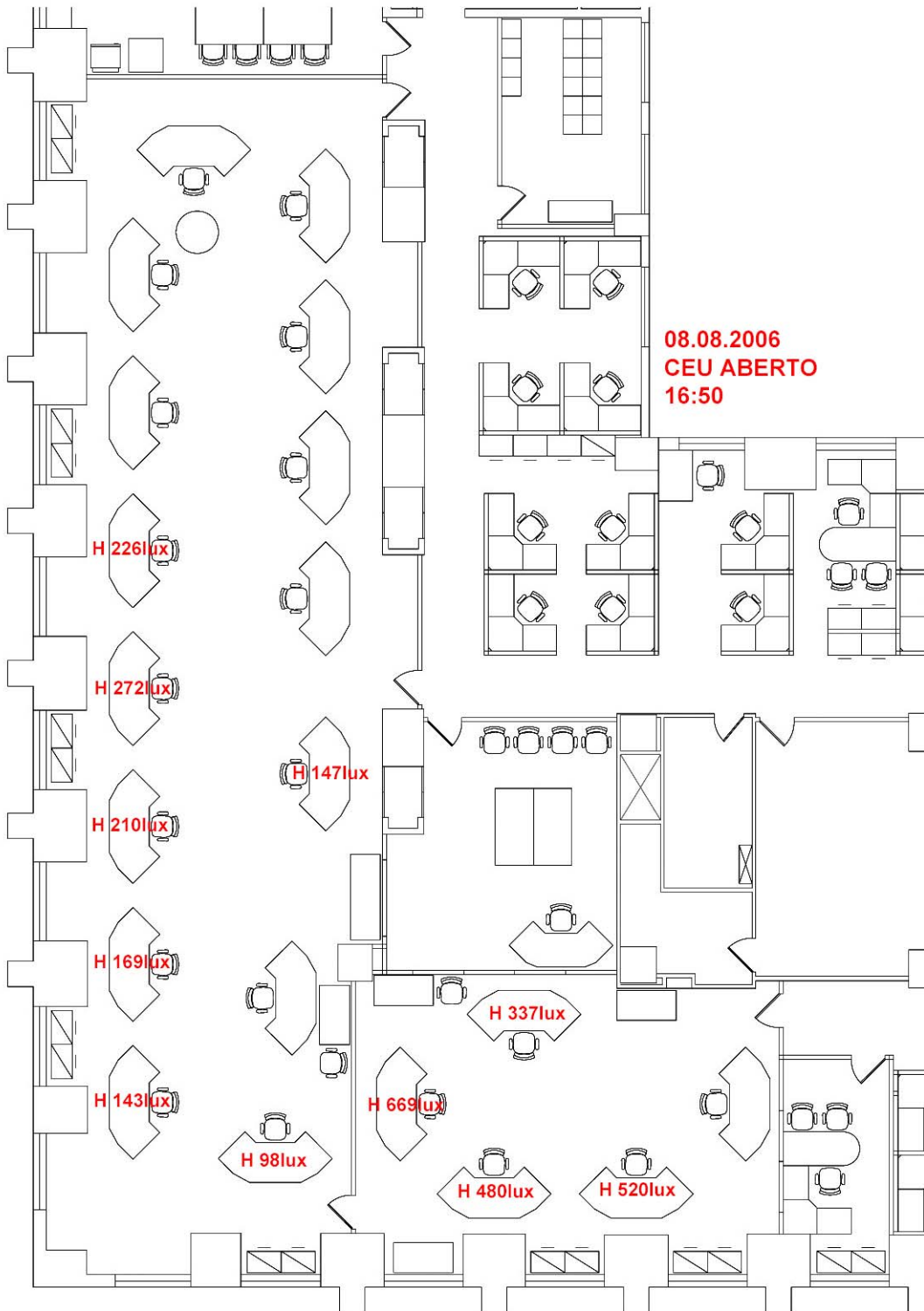
- AKASHI, Y.; BOYCE, Peter R. "A field study of illuminance reduction". **Energy and Buildings**, v. 38, n.6, pp.588-599. London: Elsevier, 2006.
- BATTLE, Timothy (editor). **The commercial offices handbook**. London: RIBA Enterprises, 2003.
- British Standards Institution. **BSI BS EN 12464-1 – Light and Lighting: lighting of work places – part 1 – indoor work places**. London: British Standards Institution, 2003.
- FARACO, Raquel, 2004. **Ofuscamento e reflexões**. Monografia de especialização em Tecnologia e Projeto de Iluminação - Universidade Estácio de Sá. Rio de Janeiro, Brasil.
- FLYNN, John E.; MILLS, Samuel M. **Architectural Lighting Graphics**. New York: Reinhold Publishing, 1962.
- FONSECA, Ingrid, 2000. **Qualidade da luz e sua influência sobre a saúde, estado de ânimo e comportamento do homem**. Dissertação de mestrado - Programa de Pós graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil.
- GALASIU, Anca D.; VEICH, Jennifer A. "Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylight offices: a literature review". **Energy and Buildings**, v.38, pp.728-742. London: Elsevier, 2006.
- GORGULHO, Cristiane Fernandes, 1998. **Iluminação em escritórios - dos fundamentos às recomendações técnicas do projeto com ênfase no trabalho informatizado**. Dissertação de mestrado - Programa de Pós graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil.
- GRANDJEAN, Etienne. **Manual de ergonomia - adaptando o trabalho ao homem**. Trad. João Pedro Stein. 4ª edição. Porto Alegre: Bookman, 1998. Tradução de: Physiologische arbeitgestaltung: leitfaden der ergonomie (1991).
- HOPKINSON, R.G.; COLLINS, J. B. **The ergonomics of lighting**. London: Macdonald Technical and Scientific, 1970.
- LEMOS, Eduardo Gomes de Sousa, 2004. **A iluminação artificial em escritórios: estudo de caso do escritório do Grupo Monteiro Aranha**. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil.
- MARMOT, Alexi; ELEY, Joanna. **Office Space Planning: designing for tomorrow's workplace**. New York: McGraw-Hill, 2000.

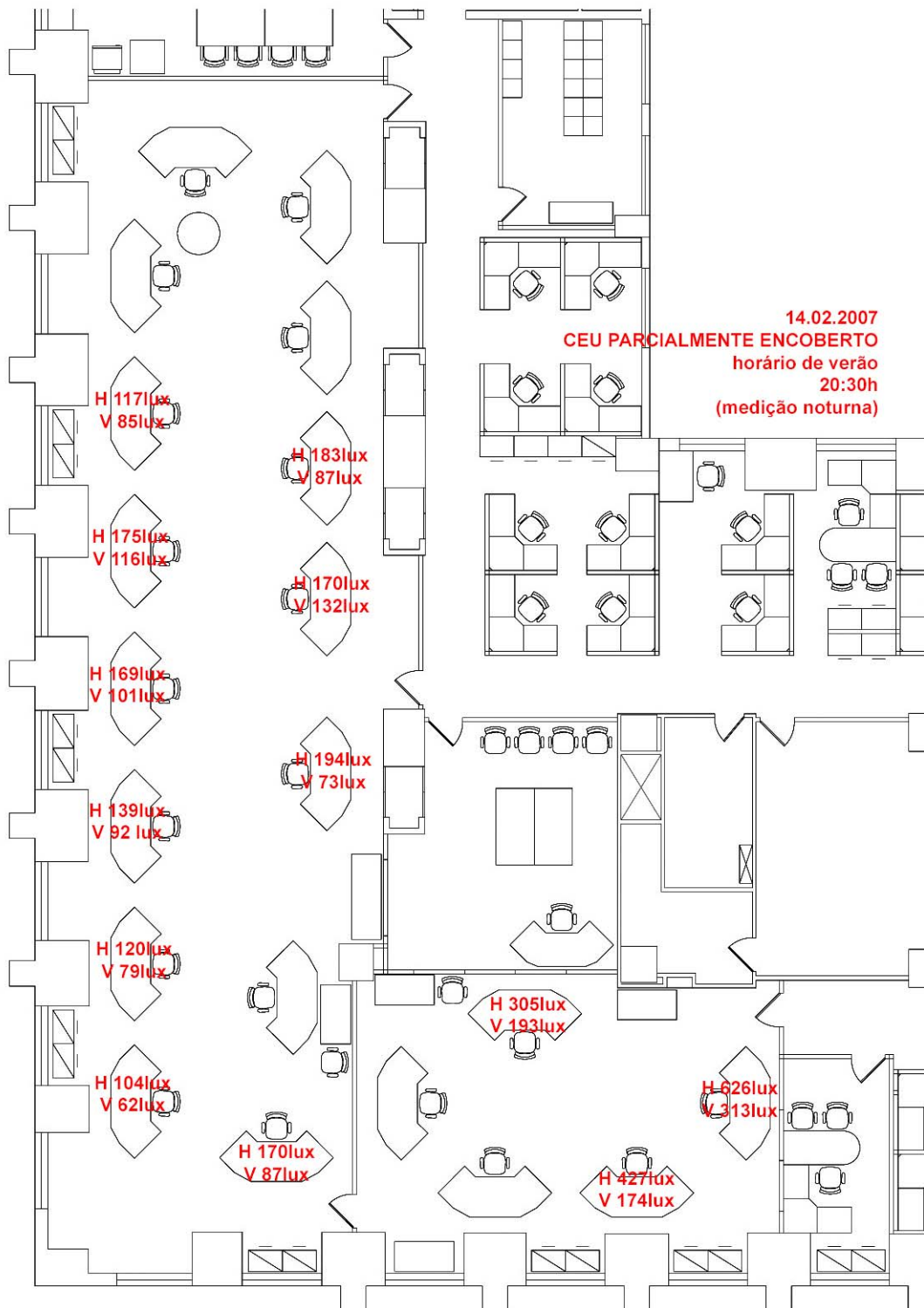
- MARTIN, Christian. **Maîtrise D'ouvrage – Construir un vrai dialogue – La contribution de L'ergonomie à la conduite de project architectural.** Toulouse: Octares Editions, 2000.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO (MTE) **Manual de aplicação da Norma Regulamentadora nº 17.** 2ª edição. Brasília : MTE, 2002.
- MORAES, Anamaria de; PEQUINI, Suzi Mariño. **Ergodesign para trabalho com terminais informatizados.** Rio de Janeiro: 2AB Editora, 2000.
- PEREIRA, Roberto Carlos, 2001. **A Qualidade da iluminação no ambiente construído – estudo da iluminação espacial e do brilho das superfícies.** Dissertação de mestrado – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil.
- PHILIPS. **Manual de iluminação.** 3a edição. Eindhoven, 1981.
- PUGH, Stuart. “The total design activity”. **Total design: integrated methods for successful product engineering**, chapter 1. Massachusetts: Adaison Wesley, 1991.
- RAYMOND, Santa; CUNLIFFE, Roger. **Tomorrow's office: creating effective and humane interiors.** London; E&FN SPON, 1997.
- SMITH, Peter F. **Architecture in a Climate of Change – A guide to sustainable design.** Oxford: Architectural Press, 2001.
- VEITCH, Jennifer A. “Creating High quality workplaces using lighting”. In: **Creating the productive workplace**, chapter 13. Ed: Clements-Croome. London: E&FN SPON, 2000.
- VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla S. **Iluminação e Arquitetura.** São Paulo: Virtus, 2001.

ANEXO 1

Medições de Iluminância da sala de controle existente.







ANEXO 2

Insolação

Insolação à que as fachadas do prédio estão expostas tendo em vista a posição do norte verdadeiro (Figura 77, Figura 78 e Figura 79) obtido por medição direta com ajuda da carta solar (Figura 80) ou pelo cálculo da declinação magnética (Figura 81). A partir da projeção dos percursos do sol (Figura 80) é possível identificar os períodos do dia e do ano em que há incidência de sol direto nas fachadas. Na fachada sudoeste há incidência de sol da tarde até às 12h no verão e até às 10:30h no inverno. Na fachada sudeste há incidência de sol da manhã, desde as 12h no verão e a partir das 17h no inverno. No térreo no entanto, a marquise e as edificações do outro lado da rua protegem a fachada do sol da manhã.



Figura 77 – Planta aero já com indicação do norte verdadeiro.

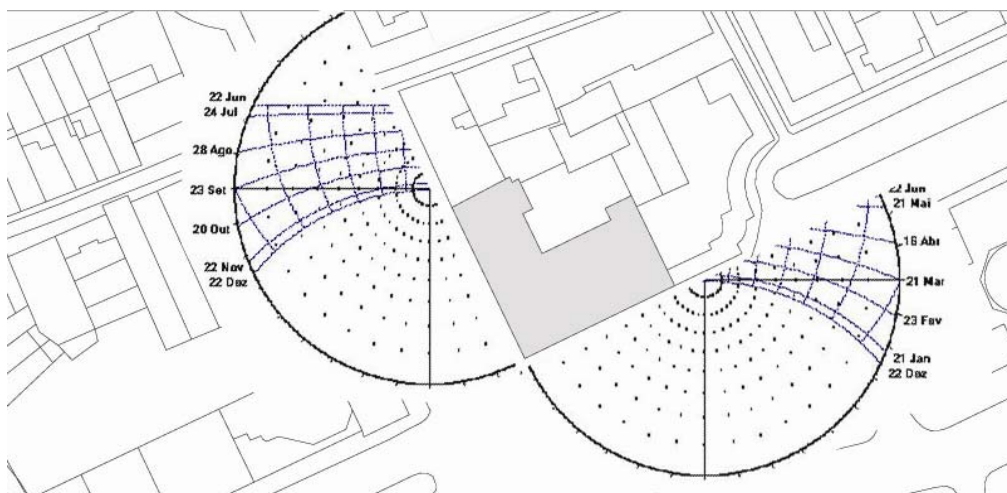
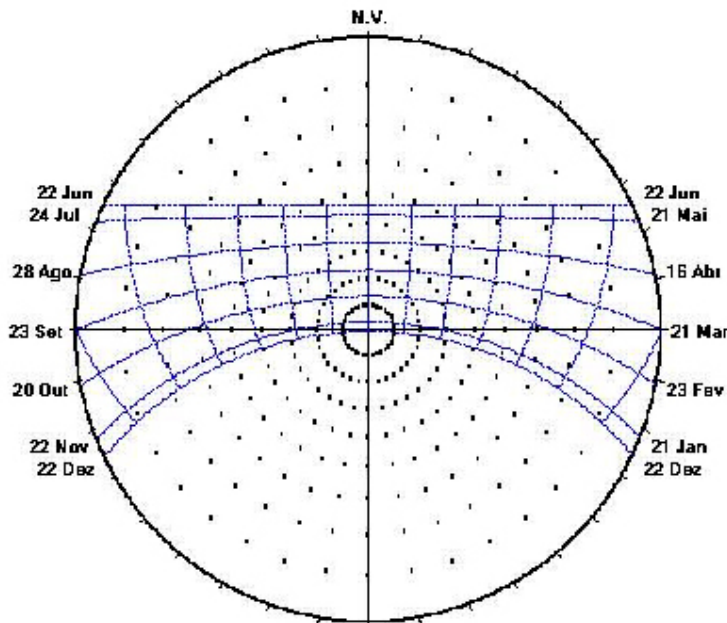


Figura 78 – Insolação à que estão expostas as fachadas.



Figura 79 – Insolação das fachadas em relação ao layout existente no 8º pavimento.



Projeção Estereográfica dos Percursos Aparentes do Sol - Latitude -22,9

Figura 80 – Carta solar utilizada para determinação do norte geral e estudo da insolação das fachadas - latitude do Rio de Janeiro = 22.53° (Fonte: software Luz do Sol versão 1.1). Esta carta permitiu obter a direção do norte solar 64° no sentido anti-horário a partir da fachada do acesso principal. No entanto, a posição do sol em relação a fachada e as sombras resultantes das edificações do entorno fazem deste um resultado bastante aproximado, e com diferença substancial em relação ao obtido pela declinação magnética como ser mostrado a seguir.



Figura 81 – Declinação Magnética – posição do norte geral em relação ao norte magnético (Fonte: software declinacao_versao2.0.4). Com a posição do norte magnético definida pelo levantamento aerofotogramétrico obtido na prefeitura, este cálculo resulta na posição do norte geral 49° no sentido anti-horário da fachada da entrada principal do prédio. Este resultado apresenta uma diferença de 15° em relação ao resultado obtido pela carta solar.

ANEXO 3

Estudo das opções de layout para a sala de controle

Opção 1: os *video walls* e monitores estão posicionados de frente para as janelas, podendo ocasionar reflexos indesejáveis e/ou redução do contraste nos displays.

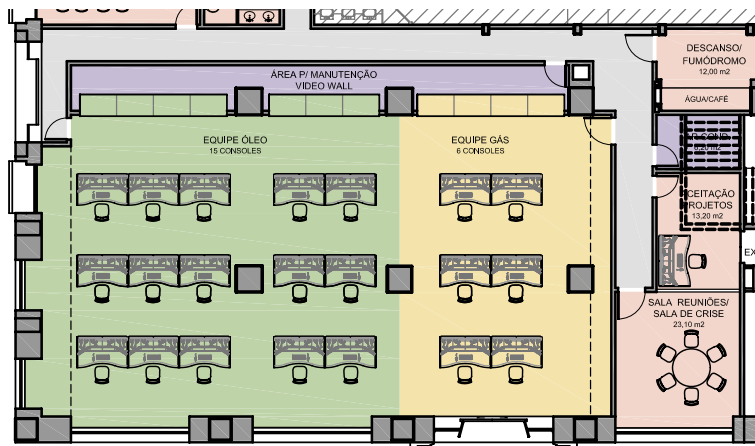


Figura 82 – layout sala de controle – opção 1

Opção 2: a posição dos *video walls* junto à fachada sudeste bloqueia a visão das janelas mais baixas, porém a visão direta das janelas mais altas em dias mais claros pode estabelecer grandes contrastes com a tela dos os *video walls* e monitores dificultando sua visão.

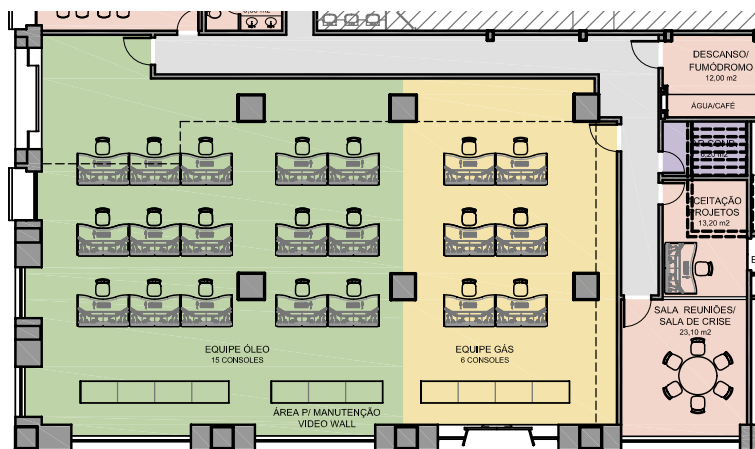


Figura 83 – layout sala de controle – opção 2

Opção 3 os displays – monitores e vídeowall estão numa posição mais favorável para reduzir possíveis reflexões e ofuscamento.

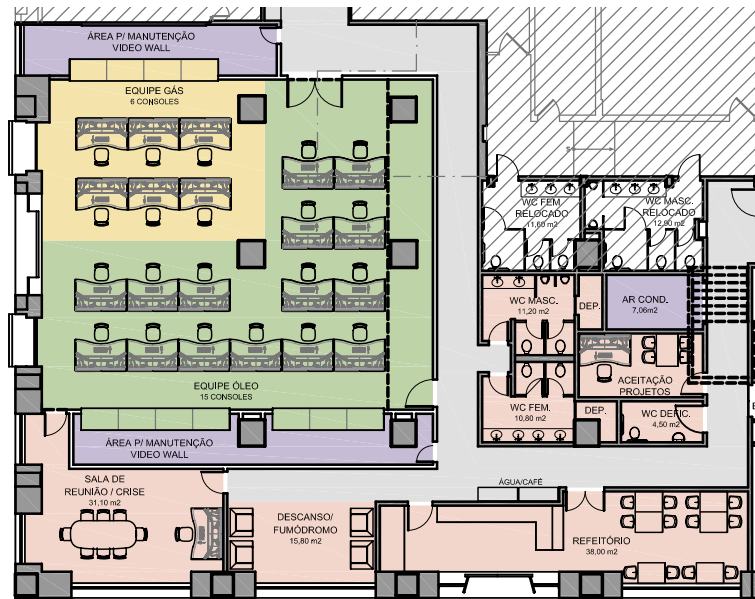


Figura 84 – layout sala de controle – opção 3

ANEXO 4

Ampliação das simulações no programa *Lumen Micro*

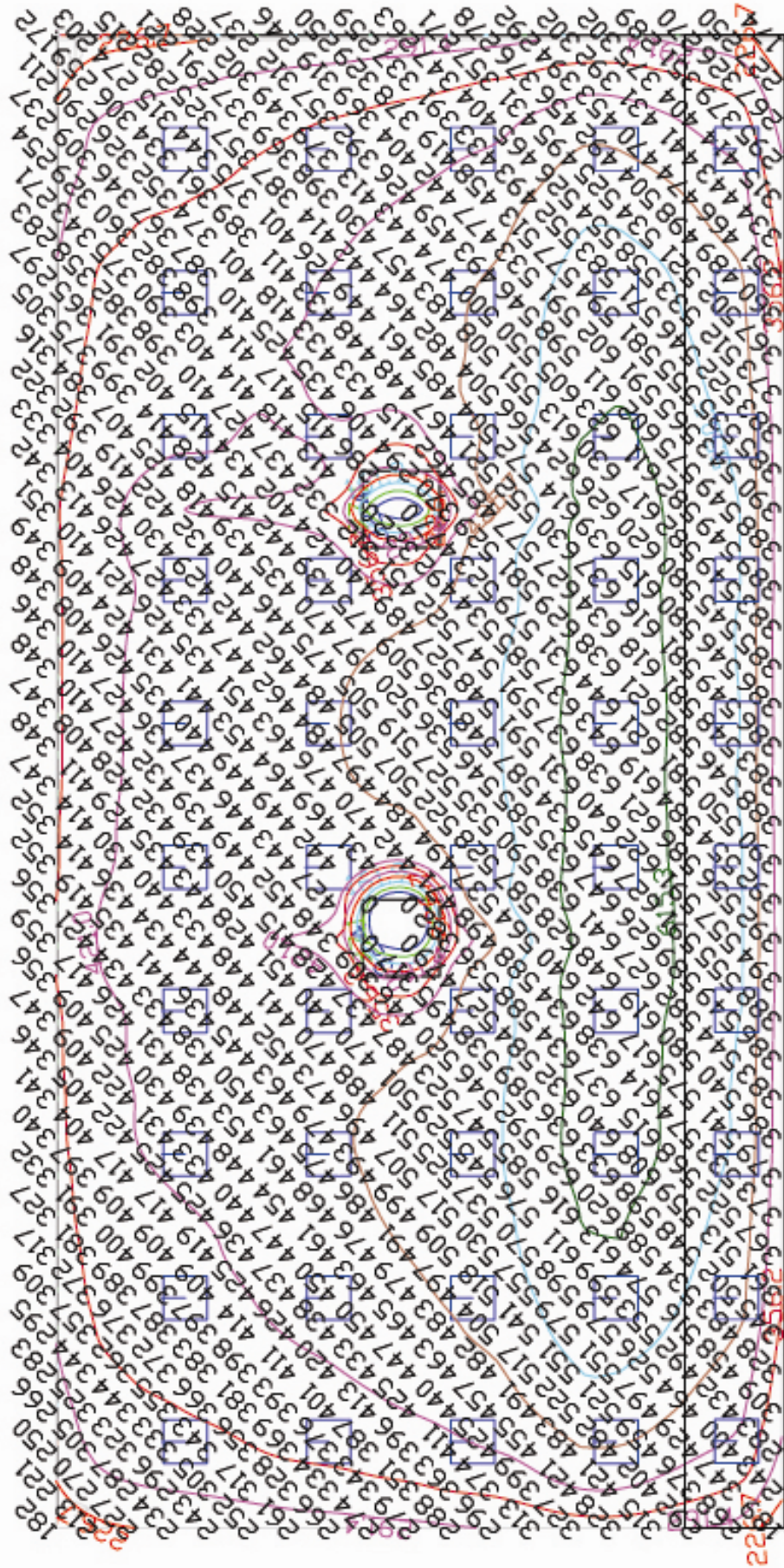


Figura 47 - Uma das primeiras simulações em Lumem Micro, com luminária para duas lâmpadas de 36W (LUMINI FE4594/236)

40 luminárias no PD duplo – para estudo da distribuição das iluminâncias. Iluminamento médio = 510 lux.

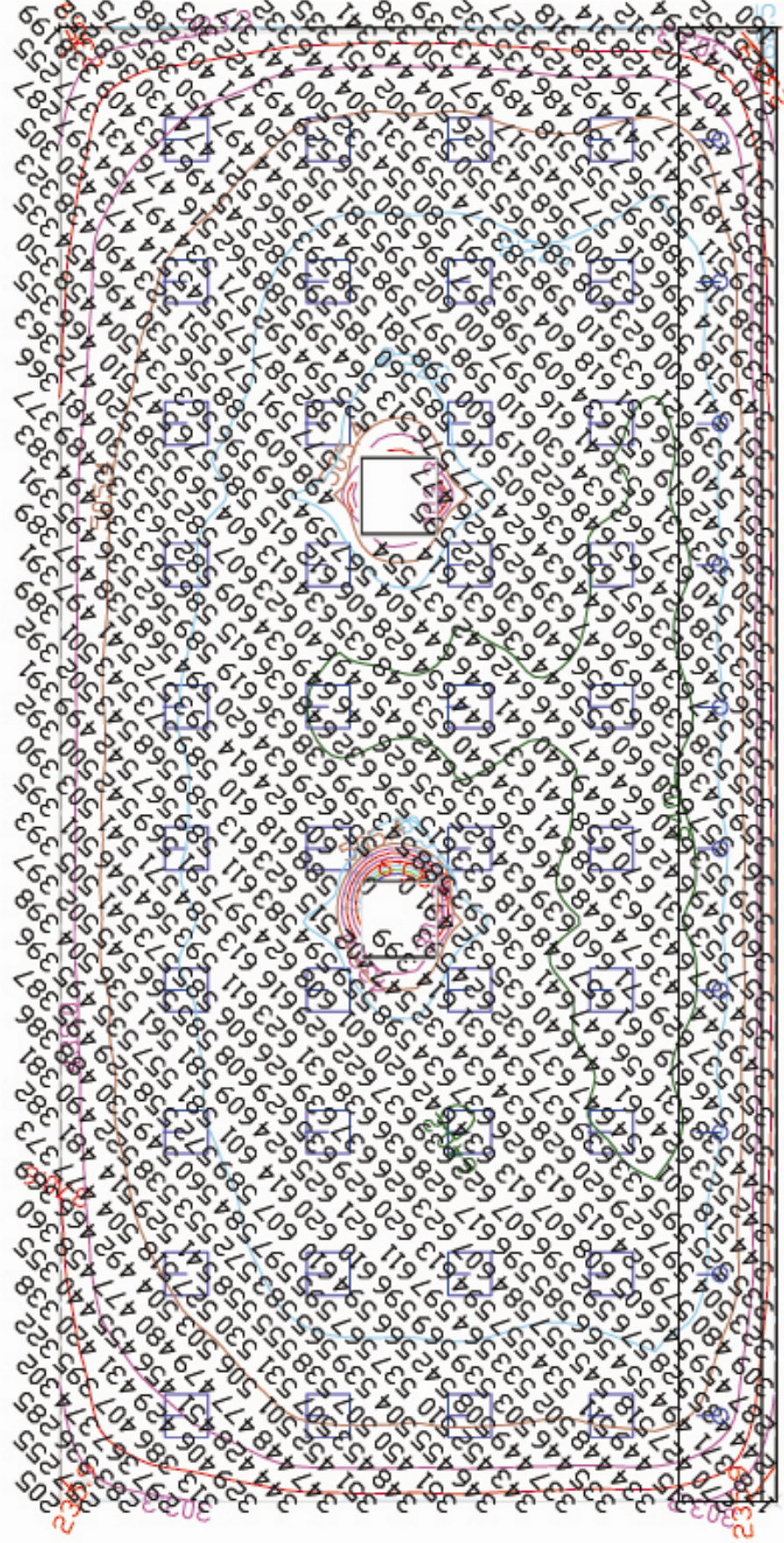


Figura 48 - simulação em *Lumen Micro*, com luminária para quatro lâmpadas de 14W (LUMINI FE4594/414) 40 luminárias no PD duplo – para estudo da distribuição das iluminâncias. Iluminamento médio = 609 lux.

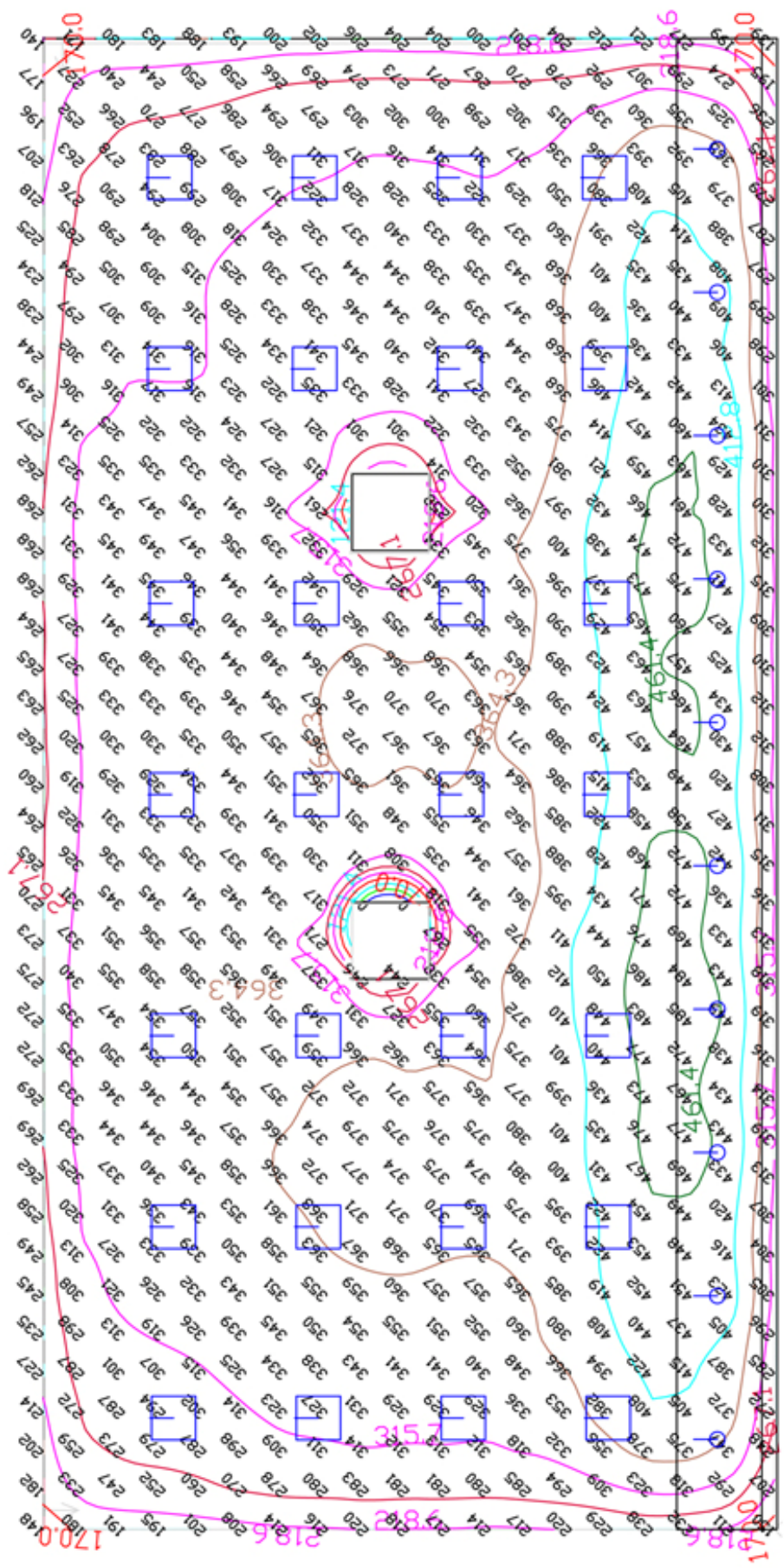


Figura 49 - simulação no programa Lumen Micro da distribuição luminárias adotada e respectiva distribuição de iluminâncias:
 28 luminárias no PD duplo luminárias embutidas com aletas parabólicas focadas para duas lâmpadas de 36W (LUMINI FE4594/236)
 (Simulação desenvolvida pela consultoria em iluminação)

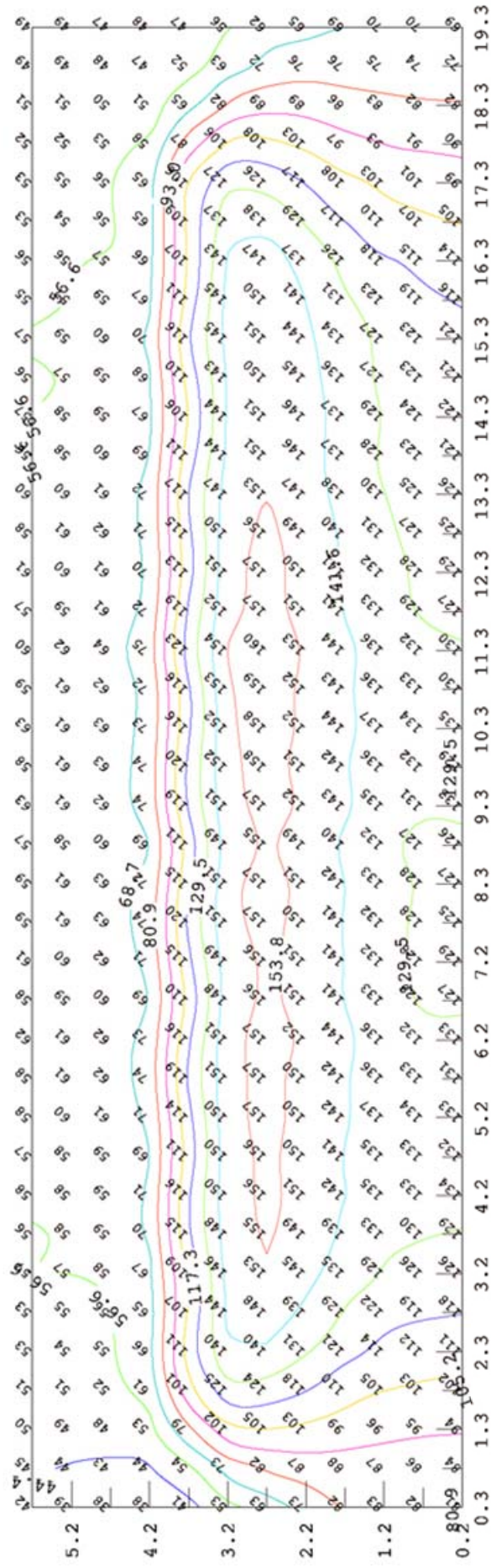


Figura 61 – distribuição das iluminâncias resultante das novas luminárias no plano vertical da parede onde será instalado o video wall.
 (Simulação desenvolvida pela consultoria em iluminação)



Figura 62 – distribuição das iluminâncias resultante das novas luminárias no plano horizontal de trabalho.
 (Simulação desenvolvida pela consultoria em iluminação)



Figura 70a – simulação da distribuição de iluminância no escritório com distribuição regular das luminárias
(Simulação fornecida pela consultoria em iluminação).

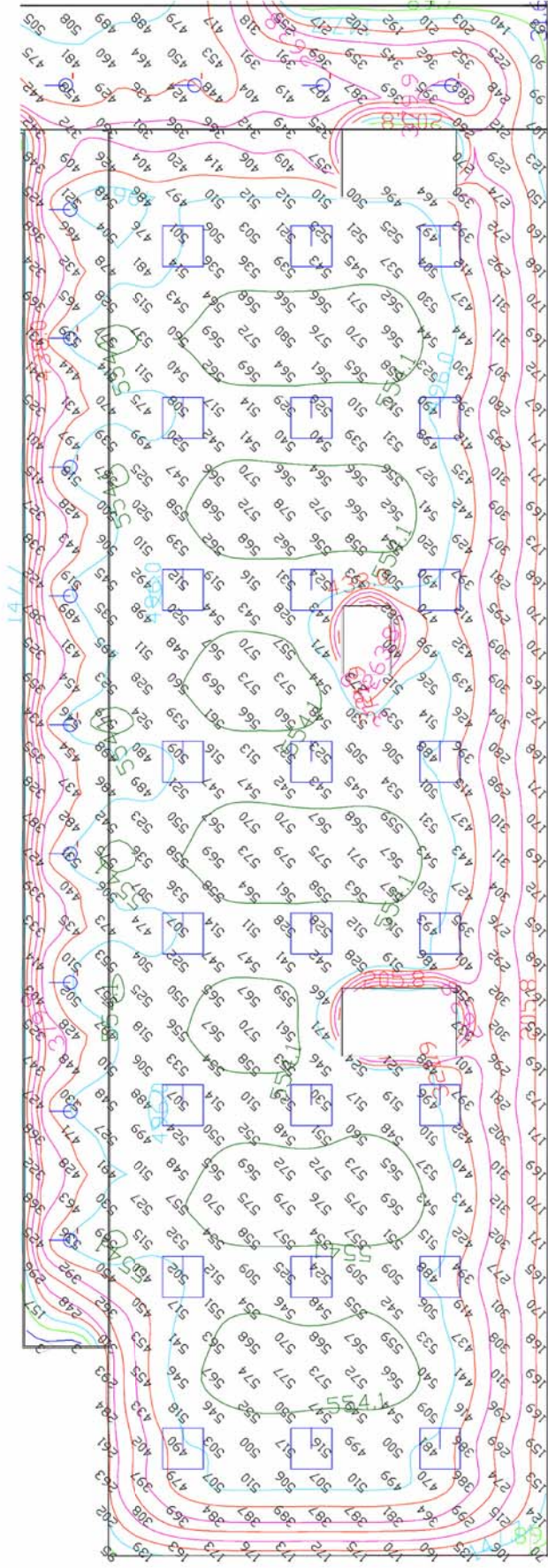


Figura 70b – ampliação de simulação de distribuição de iluminação no trecho mais amplo do escritório com distribuição regular das luminárias
 (Simulação fornecida pela consultoria em iluminação).

ANEXO 5

Notas da consultoria de iluminação no desenvolvimento do estudo preliminar.

NOTAS DE CONSULTORIA DE ILUMINAÇÃO

(em 23/06/2006)

SALA DE CONTROLE

1) Criar "sancas invertidas" para iluminação indireta ao longo paredes de fundo e acima do vídeo wall, criando a sensação de uma luz mais homogênea nessas paredes. Esse efeito poderá ficar permanentemente acesso sem interferir no vídeo wall. Posso passar o detalhe ampliado.

2) Prever iluminação para o logotipo. Preciso saber mais detalhes sobre a logo para definir o tipo de luminária adequada.

3) Dividir seções dos dimmers em 03 linhas na horizontal. Acho que a especificação da luminária FE 4594 está OK, porém eu utilizaria a lâmpada de 55W e reduziria o número de luminárias conforme croquis. Você vai ver que a illum. média ficou um pouco acima da versão com 36W mas elas estarão sempre dimmerizadas. Dessa forma podemos suprimir a primeira linha de luminárias que estava interferindo muito na parede video-wall.

4) Sob a passarela, utilizar luminária de fecho assimétrico. Ex. PE 4033 (especial para 02 lâmpadas de 26W). Afastar 95cm da parede de fundo.

5) Prever arandela (pode ser tipo A 4640/126).

ANEXO 6

Relatório consultoria de iluminação no desenvolvimento do projeto básico.

Rio de Janeiro, 07 de Agosto de 2006

RELATÓRIO DE CONSULTORIA DE ILUMINAÇÃO

SALA DE CONTROLE

Depois de estudar a questão da interferência da iluminação na parede do vídeo-wall, concluímos que a melhor alternativa para esse espaço é utilizarmos luminárias de fecho mais concentrado evitando a incidência de luz nas superfícies verticais. Dessa forma a iluminação poderá ser mais bem controlada de acordo com os setores de operação sem interferir no setor ao lado. Para o resultado adequado nesse pé-direito, precisamos utilizar a lâmpada fluorescente compacta tripla eletrônica de 32W/4000K (2400lm) com reatores eletrônicos dimmerizáveis duplos (um reator para cada grupo de duas luminárias). A luminária utilizada é E 4039/132 (LUMINI). O consumo médio ficou em 12W/m² que é adequado.

TETO SOB O MEZANINO:

Utilizar luminária PE 4032/132 (especial para lâmpada fluorescente compacta tripla eletrônica de 32W/4000K (2400lm) com reatores eletrônicos) com o objetivo de utilizar a mesmo tipo de lâmpada da luminária do teto da sala de controle. Algumas lâmpadas podem apresentar diferença na temperatura de cor aparente por tanto é sempre melhor utilizar o mesmo tipo de lâmpada em ambientes integrados. Minimizar a quantidade de tipos de lâmpadas permite ainda maior facilidade na manutenção.

AREA DE VISUALIZAÇÃO DO VIDEO WALL:

Essa área deve prever iluminância mínimas somente para circulação para facilitar a visualização do painel através dos vidros.

Colocamos os balizadores com LED para iluminação do piso (LEDPOINT-SQUADRO).

RENDER SL DE CONTROLE-01

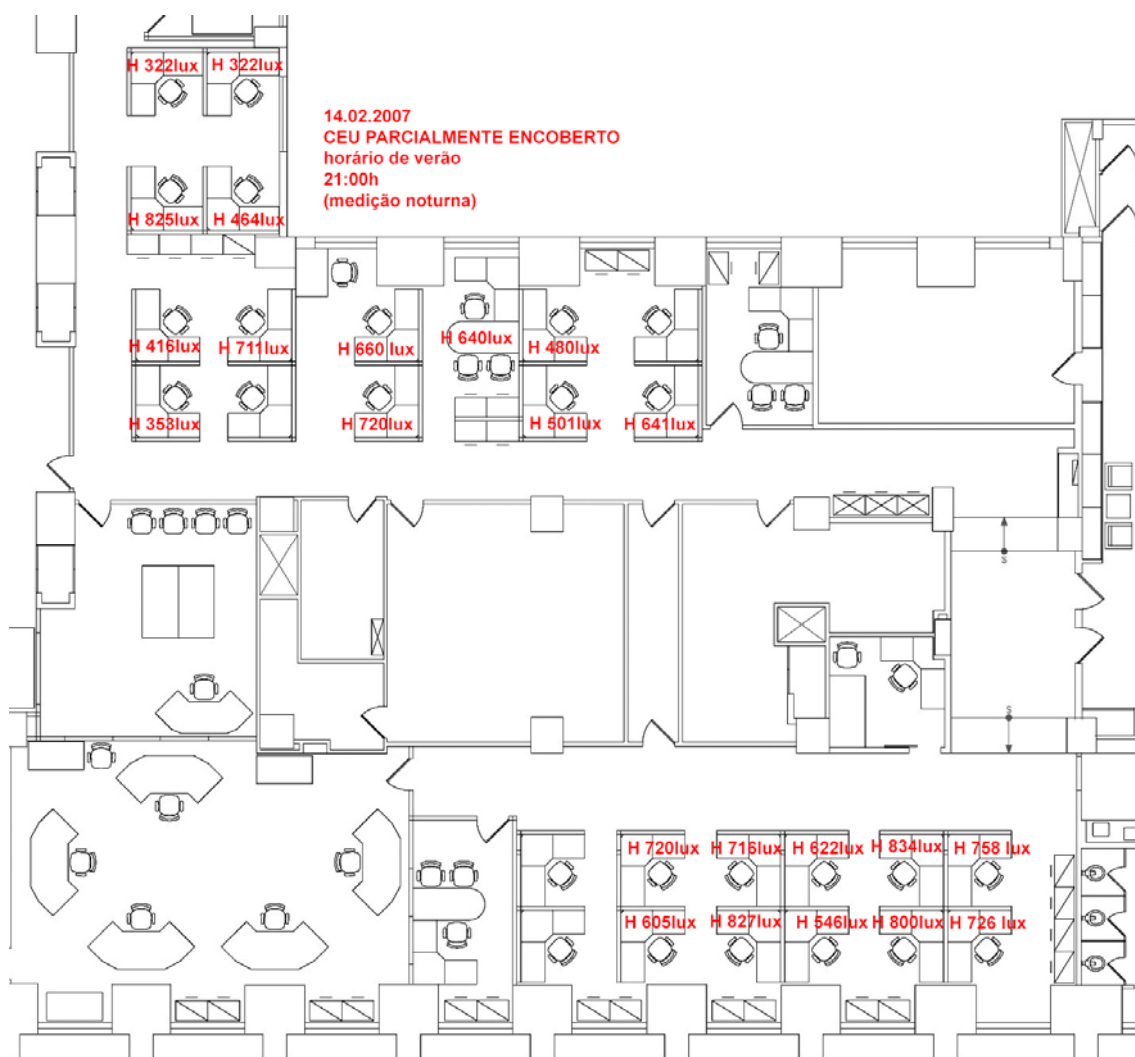


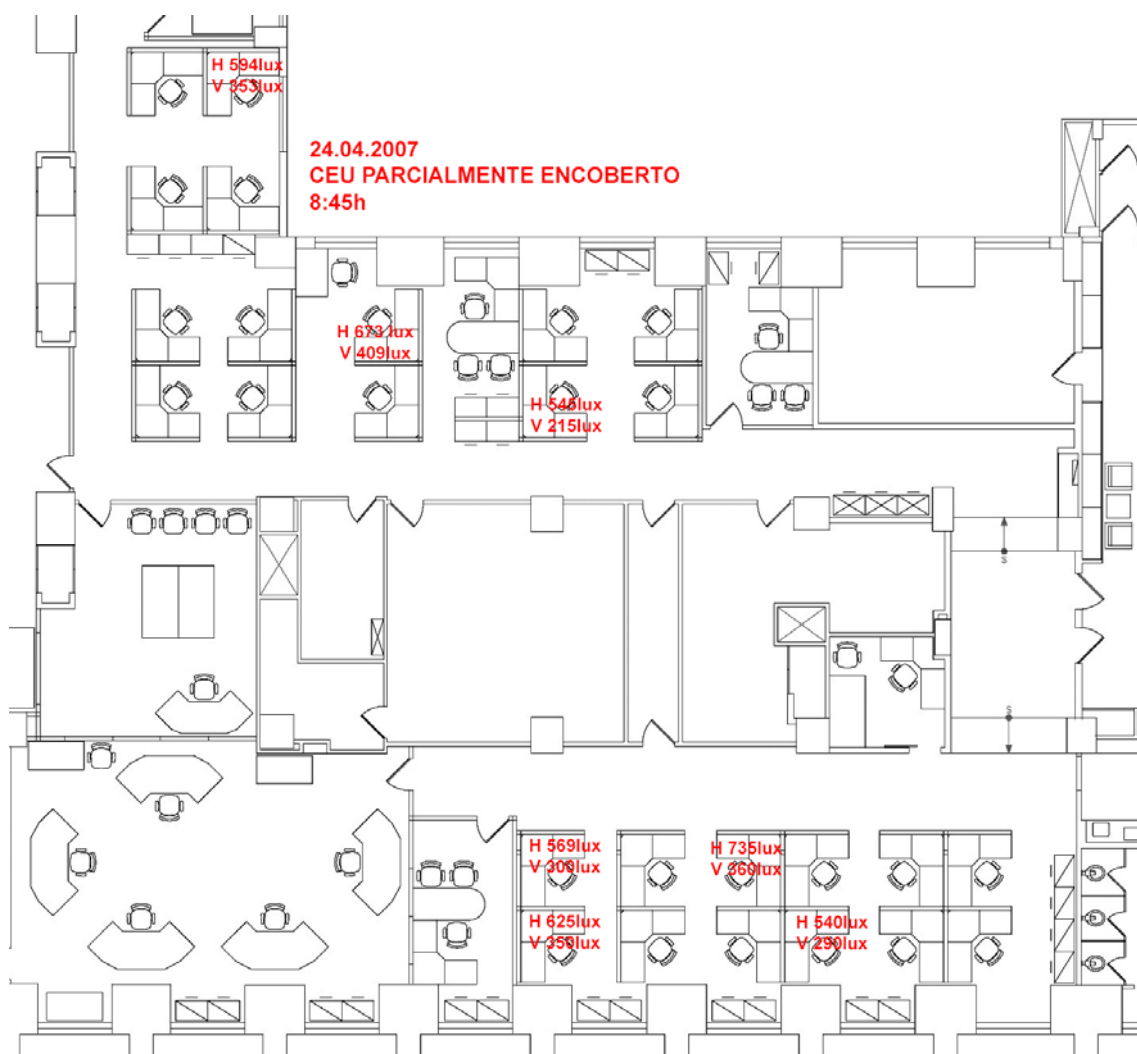
RENDER SL. DE CONTROLE-02



ANEXO 7

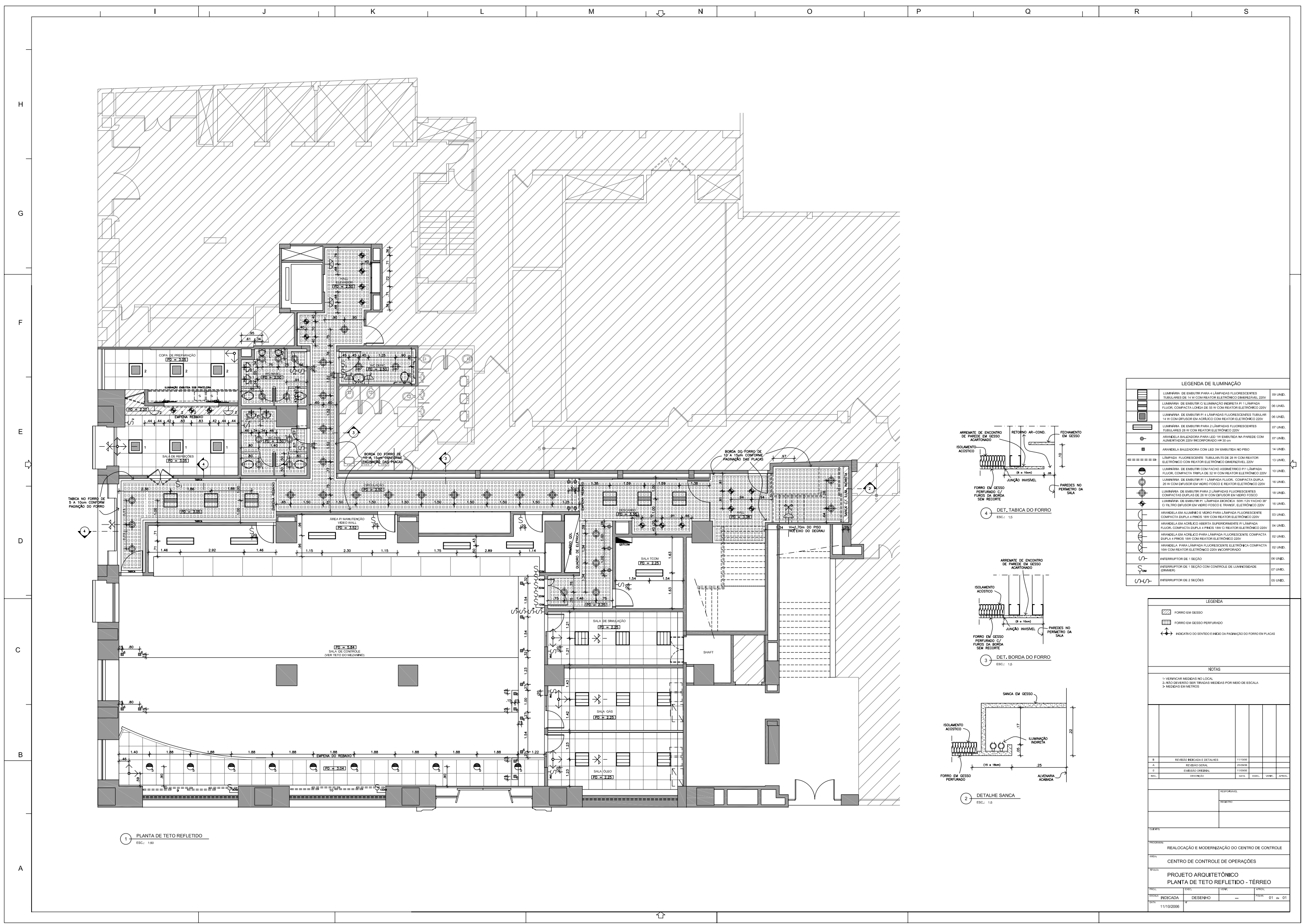
Medições de Iluminância dos escritórios do centro de controle existente.



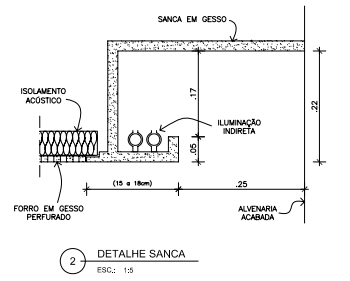
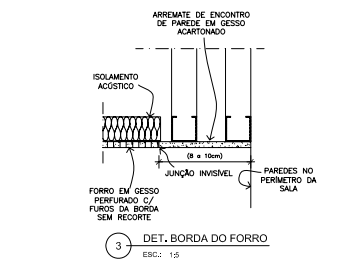
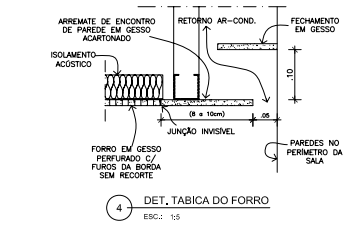


ANEXO 8

Plantas de teto referentes à revisão final do projeto pré-executivo.



1 PLANTA DE TETO REFLETIDO
ESC.: 1:50



LEGENDA DE ILUMINAÇÃO		
[Symbol]	LUMINÁRIA DE EMBUTIR PARA 4 LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES DE 14 W COM REATOR ELETRÔNICO DIMENSÁVEL 220V	09 UNID.
[Symbol]	LUMINÁRIA DE EMBUTIR COLIMADA INCRUSTA P/1 LÂMPADA FLUOR. COMPACTA LONGA DE 55 W COM REATOR ELETRÔNICO 220V	06 UNID.
[Symbol]	LUMINÁRIA DE EMBUTIR P/4 LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULAR 14 W COM REATOR EM ACRÍLICO COM REATOR ELETRÔNICO 220V	08 UNID.
[Symbol]	LUMINÁRIA DE EMBUTIR PARA 2 LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES 28 W COM REATOR ELETRÔNICO 220V	07 UNID.
[Symbol]	ARANDELA BALIZADORA PARA LED 1W EMBUTIDA NA PAREDE COM ALIMENTADOR 220V INCORPORADO H=30 cm	07 UNID.
[Symbol]	ARANDELA BALIZADORA COM LED 2W EMBUTIDA NO PISO	14 UNID.
[Symbol]	LÂMPADA FLUORESCENTE TUBULAR-T5 DE 28 W COM REATOR ELETRÔNICO COM REATOR ELETRÔNICO DIMENSÁVEL 220V	13 UNID.
[Symbol]	LUMINÁRIA DE EMBUTIR COM FAÇO ASSIMÉTRICO P/1 LÂMPADA FLUOR. COMPACTA TRIPLA DE 32 W COM REATOR ELETRÔNICO 220V	10 UNID.
[Symbol]	LUMINÁRIA DE EMBUTIR P/1 LÂMPADA FLUOR. COMPACTA DUPLA 28 W COM REATOR EM VÍDRO FOSSO E REATOR ELETRÔNICO 220V	16 UNID.
[Symbol]	LUMINÁRIA DE EMBUTIR PARA 2 LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS DUPLAS DE 28 W COM REATOR EM VÍDRO FOSSO	18 UNID.
[Symbol]	LUMINÁRIA DE EMBUTIR P/1 LÂMPADA DEGRADA 100W/12V FAÇO 38° C/ FILTRO DEGRADA EM VÍDRO FOSSO E REATOR ELETRÔNICO 220V	16 UNID.
[Symbol]	ARANDELA EM ALUMÍNIO E VÍDRO PARA LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA DUPLA 4 PINOS 18W COM REATOR ELETRÔNICO 220V	03 UNID.
[Symbol]	ARANDELA EM ACRÍLICO ABERTA SUPERIOREMENTE P/1 LÂMPADA FLUOR. COMPACTA DUPLA 4 PINOS 18W C/ REATOR ELETRÔNICO 220V	04 UNID.
[Symbol]	ARANDELA EM ACRÍLICO PARA LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA DUPLA 4 PINOS 18W COM REATOR ELETRÔNICO 220V	02 UNID.
[Symbol]	ARANDELA PARA LÂMPADA FLUORESCENTE ELETRÔNICA COMPACTA 18W COM REATOR ELETRÔNICO 220V INCORPORADO	02 UNID.
[Symbol]	INTERRUPTOR DE 1 SEÇÃO	06 UNID.
[Symbol]	INTERRUPTOR DE 1 SEÇÃO COM CONTROLE DE LUMINOSIDADE (DIMMER)	07 UNID.
[Symbol]	INTERRUPTOR DE 2 SEÇÕES	05 UNID.

LEGENDA		
[Symbol]	FORRO EM GESSO	
[Symbol]	FORRO EM GESSO PERFORADO	
[Symbol]	INDICATIVO DO SENTIDO E MODO DA PIGNAÇÃO DO FORRO EM PLACAS	

NOTAS
1- VERIFICAR MEDIDAS NO LOCAL
2- NÃO DESEJAR SEM TIRADAS MEDIDAS POR MEIO DE ESCALA
3- MEDIDAS EM METROS

REV.	DESCRIÇÃO	DATA	EXEC.	VERIF.	APROV.
1	REVISÃO INICIAL	11/10/2006			
2	REVISÃO DESENGENHEIRO	11/10/2006			

RESPONSÁVEL	
PROFESSOR	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE
ÁREA	CENTRO DE CONTROLE DE OPERAÇÕES
TÍTULO	PROJETO ARQUITETÔNICO PLANTA DE TETO REFLETIDO - TÉRREO
PROJ.	EXEC.
INDICADA	DESENHO
DATA	11/10/2006

ANEXO 9

Memorial descritivo referente à revisão final do projeto pré-executivo.

	RELATÓRIO	Nº	REV.	B
	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE	FOLHA	2	de 20
TÍTULO:	MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA			

**PROJETO DE ERGONOMIA
PARA REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO
DO CENTRO DE CONTROLE DE OPERAÇÕES**

Memorial Descritivo de Luminotécnica

Outubro de 2006

	RELATÓRIO	Nº	REV.	B
	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE		FOLHA	3 de 20
	TÍTULO: MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA			

Sumário

1. INTRODUÇÃO	4
2. CONCEITO ADOTADO	5
3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	7

	RELATÓRIO	Nº	REV.	B
	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE	FOLHA	4	de 20
	TÍTULO: MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA			

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste memorial descritivo é relacionar as luminárias, lâmpadas e equipamentos auxiliares que necessários para a execução do projeto de iluminação da obra de realocação e modernização do Centro de Controle de Operações.

O projeto foi desenvolvido ao longo dos últimos meses (de abril a agosto/2006) quando foram realizadas atividades que serviram de base para a definição do partido arquitetônico e dos demais elementos de projeto. Dentre elas, podemos citar:

- Análise dos memoriais descritivos fornecidos pela empresa;
- Revisão de normas nacionais e internacionais;
- Condução de entrevistas com coordenadores, COTURs e operadores;
- Acompanhamento de atividades de operação;
- Reuniões com coordenadores, gerentes e diretores;
- Pesquisa de equipamentos luminotécnicos;
- Reuniões com fornecedores de equipamentos luminotécnicos;
- Acompanhamento e compatibilização dos projetos complementares que estão sendo desenvolvidos em paralelo.

Esta especificação levou em consideração parâmetros definidos por normas brasileiras e internacionais relativas a níveis de iluminamento e desempenho lumínico dos equipamentos. Foram considerados também características relativas a boa manutenção e eficiência energética.

	RELATÓRIO	Nº	REV. B
	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE	FOLHA 5	de 20
TÍTULO:	MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA		

2. CONCEITO ADOTADO:

▪ Sala de controle:

Foi projetada iluminação geral com nível em torno de 300/400lux no plano de trabalho (conforme indicado pela ISO 11064-6, 2005), utilizando-se luminárias embutidas dentro dos limites de luminâncias recomendados para ângulos entre 50° e 90° com a normal (IES , 2000). Estão previstos reatores eletrônicos dimerizados agrupando as luminárias em linhas paralelas ao longo da sala para garantir flexibilidade aos operadores. Tendo em vista a utilização contínua de monitores e vídeo wall optou-se por utilizar luminárias de fecho fechado, restringindo o iluminamento das paredes e reduzindo assim reflexões e ofuscamento refletido.

Sancas invertidas no pé direito alto junto às paredes uniformizam o iluminamento vertical na parede principal e reduzem os contrastes criados pela utilização de luminárias embutidas, sem interferir no vídeo wall.

Para garantir iluminamento adequado a tarefas visuais menos freqüentes mas bastante exigentes, como leitura e escrita, estão previstas luminárias de tarefa para iluminação suplementar com controle individual para cada trabalhador: luminárias articuladas para lâmpada com baixa emissão de calor, e controle ótico para redução de ofuscamento e reflexões.

Para redução do contraste com a luz natural proveniente das janelas, foi projetada iluminação direcionada para parede de fundo.

Na parede lateral, para complementar a iluminação, estão locadas arandelas.

Para facilitar a circulação nos desníveis da sala, estão previstos balizadores em led.

Serão mantidas janelas altas, preservando a visão do exterior sem expor o ambiente interno, utilizando persianas tipo rolos em tela solar para redução da incidência de luz natural. Com isso preserva-se a visão do exterior, fundamental para saúde e conforto dos trabalhadores. As janelas contam ainda com blackouts automatizadas que podem ser utilizadas em dias de maior incidência de luz natural, evitando assim reflexões indesejadas nos monitores e no vídeo wall.

▪ Escritórios:

Para o escritório panorâmico foi projetada iluminação geral com nível em torno de 500 lux no plano de trabalho, utilizando-se luminárias embutidas dentro dos limites de luminâncias recomendados para ângulos entre 50 e 90 graus com a normal (IES , 2000) para garantir adequado controle de ofuscamento e reflexões. Em função do pé direito restrito foi selecionada luminária de altura reduzida e lâmpadas fluorescente T5, de menor diâmetro mas de excelente rendimento.

Em todas as salas onde há consoles, está prevista a mesma dimerização projetada para a sala de controle, garantindo assim maior flexibilidade e melhor controle de reflexões e ofuscamento.

	RELATÓRIO	Nº	REV. B
	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE	FOLHA	7 de 20
TÍTULO: MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA			

3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Os documentos que apresentam as plantas de teto refletido com a distribuição da iluminação nos ambientes são:

DE-0114.00-8221-100-FCO-013 – pavimento térreo

DE-0114.00-8221-100-FCO-014 – pavimento mezanino

DE-0114.00-8221-100-FCO-015 – pavimento subsolo

Segue a descrição detalhada das luminárias, lâmpadas e equipamentos auxiliares indicados nestes documentos.

3.1.



Luminária embutida de alto rendimento, quadrada (62x62x9cm), compatível com forro acústico modulado, para 4 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 14W/220V, tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%, com corpo em aço tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Refletor e aletas parabólicas em alumínio anodizado importado, com alto brilho, intercalados por chapa de aço perfurada, tratada e pintada na cor branca. Reator eletrônico 220V alojado na parte superior da luminária. Fixação ao forro por meio de tirantes. Ângulo de abertura transversal = 86.1º e ângulo de abertura longitudinal = 90.3º. Luminância transversal à 65º = 54cd/m² e luminância longitudinal à 65º = 91cd/m². Rendimento 53.8% (ver dados fotométricos fornecidos pelo fabricante)



Referência: LUMINI FE1770/414

Quantidade: 50 unidades

3.2.



dimerizável

Luminária embutida de alto rendimento, quadrada (62x62x9cm), compatível com forro acústico modulado, para 4 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 14W/220V, tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%, com corpo em aço tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Refletor e aletas parabólicas em alumínio anodizado importado, com alto brilho, intercalados por chapa de aço perfurada, tratada e pintada na cor branca. Reator eletrônico dimerizável 220V alojado na parte superior da

	RELATÓRIO	Nº	REV. B
	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE	FOLHA	8 de 20
TÍTULO: MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA			

luminária. Fixação ao forro por meio de tirantes. Ângulo de abertura transversal = 86.1o e ângulo de abertura longitudinal = 90.3o. Luminância transversal à 65o = 54cd/m² e luminância longitudinal à 65o = 91cd/m². Rendimento 53.8% (verificar dados fotométricos fornecidos pelo fabricante)



Referência: LUMINI FE1770/414, dimerizável

Quantidade: 15 unidades

3.3.



Luminária embutida para iluminação indireta, (62x62x14cm) para 1 lâmpada fluorescente compacta longa 55/220V, tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%, com corpo e refletor superior em aço tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Refletor inferior em chapa de aço perfurada na cor branca, com chapa justaposta de acrílico translúcido. Reator eletrônico 220V alojado na parte superior da luminária. Fixação ao forro por meio de tirantes.



Referência: LUMINI FE4675/155

Quantidade: 18 unidades

3.4.



Luminária embutida para iluminação indireta (62x62x17cm) para 2 lâmpadas fluorescentes compactas longas 55/220V, tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%, com corpo e refletor superior em aço tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Refletor inferior em chapa de aço perfurada na cor branca, com chapa justaposta de acrílico translúcido. Reator eletrônico 220V alojado no corpo de luminária. Fixação ao forro por meio de tirantes.

TÍTULO:

MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA



Referência: LUMINI FE4680/255

Quantidade: 1 unidade

3.5.



Luminária embutida quadrada (62x62x13cm) para 4 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 14W/220V, tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%, com corpo em aço tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Visor em acrílico translúcido. Reator eletrônico 220V alojado na parte superior da luminária. Fixação ao forro por meio de tirantes.



Referência: LUMINI FE1433/414

Quantidade: 8 unidades

3.6.



Luminária embutida retangular para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 28W/220V, tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%, com corpo em aço tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Visor em acrílico translúcido. Reator eletrônico 220V alojado na parte superior da luminária. Fixação ao forro por meio de tirantes



	RELATÓRIO	Nº	REV. B
	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE	FOLHA	10 de 20
TÍTULO: MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA			

Referência: LUMINI FE1433/228

Quantidade: 11 unidades

3.7.



Luminária de alto rendimento fixada por tirantes (124x35x9cm), para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares 28W, tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%, com corpo em aço tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Aletas planas antiofusco em aço tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Refletor em alumínio anodizado importado, com alto brilho. Reator eletrônico 220V alojado no corpo da luminária.



Referência: LUMINI FT1570/228

Quantidade: 33 unidades

3.8.



Arandela balizadora de alto brilho embutida na parede h=30cm do piso, com face quadrada, para uso indoor, acabamento em pintura eletrostática, refletor escamado assimétrico, Super Led de 1W cor branco e driver de alimentação incorporado com entrada bivolt (127 / 220v) automática. Consumo 2W.



	RELATÓRIO	Nº	REV. B
	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE	FOLHA	11 de 20
TÍTULO: MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA			

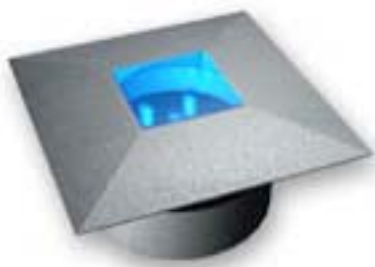
Referência: LEDPOINT modelo Squadro Plus 3022

Quantidade: 27 unidades

3.9.



Luminária balizadora embutida no piso para uso indoor em led cor prata de emissão difusa centralizada, com corpo em alumínio injetado e lente frontal em vidro temperado quadrado. Fonte incorporada 220 volts. Consumo 3W.



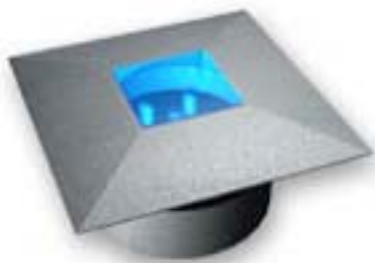
Referência: LEDPOINT modelo Quad 2065

Quantidade: 14 unidades

3.10.



Luminária balizadora embutida no espelho do degrau para uso indoor em led cor prata de emissão difusa centralizada, com corpo em alumínio injetado e lente frontal em vidro temperado quadrado. Fonte incorporada 220 volts. Consumo 3W.



Referência: LEDPOINT modelo Quad 2065

Quantidade: 3 unidades

	RELATÓRIO	Nº	REV. B
	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE	FOLHA	12 de 20
TÍTULO: MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA			

3.11.



Lâmpadas fluorescentes T5 28W tonalidade neutra (4000K) IRC 80/90%, embutidas na sanca em gesso, com reator eletrônico 220V

Quantidade: 39 unidades

3.12.

----- dimerizável

Lâmpadas fluorescentes T5 28W tonalidade neutra (4000K) IRC 80/90%, embutidas na sanca em gesso, com reator eletrônico dimerizável 220V

Quantidade: 35 unidades

3.13.



Luminária semi-embutida assimétrica cilíndrica (diâmetro 20cm, altura 16cm), para 1 lâmpada fluorescente compacta dupla 26W tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%, com anel de arremate em aço tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Refletor em alumínio anodizado. Direcionamento assimétrico do fecho. Controle antiofuscamento através do próprio refletor. Visor intermediário em vidro transparente. Reator eletrônico 220V fixado sobre a luminária. Fixação ao forro por meio de cavalete e grapas de aço tratado.



Referência: LUMINI PE4032/126T

Quantidade: 10 unidades

3.14.



Luminária embutida cilíndrica (diâmetro 20cm, altura 16cm), para 1 lâmpada fluorescente compacta dupla 26W, tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%, com anel de arremate em aço tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Refletor em alumínio anodizado. Controle antiofuscamento através do próprio refletor.

	RELATÓRIO	Nº	REV. B
	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE	FOLHA	13 de 20
TÍTULO: MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA			

Difusor intermediário em vidro temperado translúcido. Reator eletrônico 220V fixado sobre a luminária ou apoiado sobre o forro. Fixação ao forro por meio de cavalete e grapas de aço tratado.



Referência: LUMINI E4032/126V

Quantidade: 51 unidades

3.15.



Luminária embutida cilíndrica (diâmetro 23cm, altura 19cm), para 2 lâmpada fluorescente compacta dupla 26W, tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%, com anel de arremate em aço tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Refletor em alumínio anodizado. Controle antiofuscamento através do próprio refletor. Difusor intermediário em vidro temperado translúcido. Reator eletrônico 220V fixado sobre a luminária ou apoiado sobre o forro. Fixação ao forro por meio de cavalete e grapas de aço tratado.



Referência: LUMINI E4033/226V

Quantidade: 20 unidades

3.16.



Luminária embutida cilíndrica (diâmetro 23cm, altura 19cm), para 1 lâmpadas fluorescente compacta dupla 26W tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%, com anel de arremate em aço tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Refletor em alumínio anodizado. Louver duplo parabólico, em alumínio anodizado importado de alta reflexão acabamento fosco. Controle antiofuscamento através do próprio refletor. Reator eletrônico 220V fixado sobre a luminária. Fixação ao forro por

	RELATÓRIO	Nº	REV. B
	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE	FOLHA	14 de 20
TÍTULO: MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA			

meio de cavalete e grapas de aço tratado. Ângulo de abertura transversal = 40.4o e ângulo de abertura longitudinal = 58.4o. Luminância transversal à 65o = 781cd/m2 e luminância longitudinal à 65o = 552cd/m2. Rendimento 47.4% (verificar dados fotométricos fornecidos pelo fabricante)



Referência: LUMINI E4032/126/LR

Quantidade: 25 unidades

3.17.



Luminária embutida cilíndrica (diâmetro 27cm, altura 24cm), para uma lâmpada fluorescente compacta tripla 42W tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%, com anel de arremate em aço tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Refletor em alumínio anodizado. Controle antiofuscamento através do próprio refletor. Reator eletrônico 220V dimerizável fixado sobre cavalete. Fixação ao forro por meio de cavalete e grapas de aço tratado. (verificar dados fotométricos fornecidos pelo fabricante)



Referência: LUMINI E4039/142T

Quantidade: 62 unidades

3.18.



Luminária embutida cilíndrica articulada (diâmetro 9cm, altura 13cm), para lâmpada halógena dicrômica 50W/12V fecho aberto 38°, com anel de arremate em alumínio pintado por processo eletrostático na cor branca, tubo em alumínio usinado e anodizado. Lâmpada recuada em relação à borda do tubo. Transformador eletrônico 220V apoiado sobre o forro ou atirantado à laje, acessível pelo furo da luminária.

	RELATÓRIO	Nº	REV. B
	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE	FOLHA	15 de 20
TÍTULO: MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA			

Dispositivo antiofuscamento em alumínio preto fosco. Fixação ao forro por meio de sistema mecânico.



Referência: LUMINI PE138V

Quantidade: 31 unidades

3.19.



Luminária cilíndrica, para lâmpada halógena dicróica 50W/12V fecho aberto 38°, com anel de arremate em alumínio pintado por processo eletrostático na cor branca. Tubo em alumínio usinado e anodizado. Lâmpada recuada em relação à borda do tubo. Transformador eletrônico 220V apoiado sobre o forro ou atirantado à laje, acessível pelo furo da luminária. Dispositivo antiofuscamento em alumínio preto fosco. Fixação ao forro por meio de sistema mecânico. Difusor em vidro translúcido,



Referência: LUMINI E139/V

Quantidade: 11 unidades

3.20.



Luminária cilíndrica fixa, para lâmpada halógena AR 70 50W/12V fecho 24°, com anel de arremate em aço tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Transformador eletrônico 220V apoiado sobre o forro ou atirantado à laje, acessível pelo furo da luminária. Fixação ao forro por meio de molas de aço inox.



	RELATÓRIO	Nº	REV. B
	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE	FOLHA	16 de 20
TÍTULO: MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA			

Referência: LUMINI E103

Quantidade: 4 unidades

3.21.



Luminária embutida cilíndrica assimétrica, para lâmpada dicróica 50W/12V fecho 38° com anel de arremate em aço tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Refletor em alumínio anodizado. Direcionamento assimétrico do fecho. Controle antiofuscamento através do próprio refletor. Visor intermediário em vidro translúcido. Transformador eletrônico dimerizável 220V apoiado sobre o forro ou atirantado à laje, acessível pelo furo da luminária. Fixação ao forro por meio de cavalete em aço tratado e molas de aço inox.



Referência: LUMINI modelo PE 114/V

Quantidade: 3 unidades

3.22.



Arandela sobreposta para iluminação direta e indireta (largura 35cm, prof 19cm, h 13cm), para 1 lâmpada fluorescente compacta dupla 26W tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%, em alumínio liga naval tratado e pintado por processo eletrostático na cor branca. Visor em vidro temperado translúcido. Reator eletrônico 220V alojado no corpo da luminária. Fixação em parede por meio de buchas e parafusos



Referência: LUMINI 4640/126

Quantidade: 6 unidades

	RELATÓRIO	Nº	REV. B
	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE	FOLHA	17 de 20
TÍTULO: MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA			

3.23.



Arandela sobreposta aberta na parte superior (9x30cm) com base em alumínio pintado por processo eletrostático na cor branca. e difusor em acrílico fosco para 1 lâmpada fluorescente compacta 4 pinos 18W/220V tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%. Reator eletrônico 220V.



Referência: Bertolucci modelo Ice Mirror ref 3490

Quantidade: 12 unidades

3.24.



Arandela sobreposta (13x30cm) com base em alumínio pintado por processo eletrostático na cor branca e difusor em acrílico fosco para 1 lâmpada fluorescente compacta 4 pinos 18W/220V tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%. Reator eletrônico 220V.



Referência: Bertolucci modelo Ice.mg ref 3450

Quantidade: 6 unidades

TÍTULO:

MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA

3.25.



Arandela sobreposta (13x30cm) com base em alumínio pintado por processo eletrostático na cor prata e difusor em vidro curvo fosco para 1 lâmpada fluorescente compacta eletrônica 16W/220V (reator incorporado) tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%.



Referência: Bertolucci modelo Vela ref 4360

Quantidade: 6 unidades

3.26.



Arandela de sobrepôr para lâmpada fluorescente compacta eletrônica 16W/220V (reator incorporado) TGVP (a prova de tempo, gases, vapores e pó) Corpo e grade de proteção em alumínio fundido com pintura na cor cinza martelado. Refrator em vidro transparente frizado.



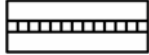
Referência: ITAIM modelo Tassu

Quantidade: 8 unidades

TÍTULO:

MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA

3.27.



Luminária pendente de alto rendimento para iluminação direta e indireta (127 x 47 x 7cm), para 3 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 28W/220V, tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90%, com corpo e refletor superior em chapa de aço perfurada e pintada por processo eletrostático na cor branca, com chapa justaposta de policarbonato translúcido. Refletor inferior e aletas parabólicas em alumínio anodizado importado, com alto brilho. Reator eletrônico 220V alojado no corpo da luminária. Fixação ao teto ou forro por meio de rosetas e cabos de aço de 70cm. Eixo do suporte 1250mm.



Referência: LUMINI FT1660/328

Quantidade: 1 unidade

3.28.



Luminária pendente (1.30x1.30m com h = 1.40m) para lâmpada halógena 300W/220V.

	RELATÓRIO	Nº	REV.	B
	REALOCAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE	FOLHA	20	de 20
	TÍTULO: MEMORIAL DESCRITIVO DE LUMINOTÉCNICA			

Referência: modelo Oh Mei Ma - design Ingo Maurer (fornecedor FAS)

Quantidade: 1 unidade (será fornecida pela TRANSPETRO)

3.29.

Sanca com iluminação fluorescente embutida e fechamento em tecido flexível de PVC.

Referência: BARRISOL tela translúcida cor clair de lune

Quantidade em áreas acabadas:

(4,00m x 1,30) + 3 x (1,30m x 1,30m) + 3 x (1,00m x 1,00m) + (1,30m x 1,80m)

3.30.

Luminárias de tarefa

Luminárias articuladas para fixação nos consoles para 1 lâmpada fluorescente compacta 9W tonalidade neutra (4000K) e IRC 80/90% com controle antiofuscamento através do próprio refletor. Dimmer no corpo da luminária. Reator eletrônico 220V dimerizável.

Quantidade: 16 unidades (incluídas na licitação dos consoles)