



AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE ILUMINAÇÃO EM UMA SALA DE CONTROLE DE UMA MINERADORA

Raimundo Lopes Diniz (1)

Rubenio dos Santos Barros (2)

Ricardson Borges Vieira (3)

(1) Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Doutor

Programa de Pós-Graduação em Design

e-mail: rl.diniz@ufma.br

(2) Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Graduando em Design

e-mail: rubeniobarros@hotmail.com

(3) Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Mestrando em Design

e-mail: ricardsonbv@yahoo.com.br

RESUMO

O presente artigo apresenta uma intervenção ergonômica em uma sala de controle de uma mineradora, focando-se na avaliação do nível de iluminação do ambiente, considerando-se a Norma NBR ISO/CIE 8995-1 e a literatura pertinente. Os resultados apontaram para discordâncias entre a iluminação do ambiente e as tarefas dos trabalhadores, tendo impacto no conforto e segurança.

ABSTRACT

This paper shows an ergonomic intervention in a control room of a mining industry. It had as a focus the analysis of lightning level in the environment and the investigation on standards, specially the NBR ISO/CIE 8995-1 standard, and literature review. The results show incompatibilities between the lighting of the environment and the tasks performed by workers with security and visual comfort impacts.

1. INTRODUÇÃO

As salas de controle são fruto da introdução no meio industrial de técnicas de transmissão à distância e de ordens de comando para agrupar a maioria de comandos e medidas em um único local, são responsáveis justamente pelo gerenciamento das atividades exercidas nos demais setores, exigindo raciocínio rápido, cargas cognitivas elevadas, e um grande nível de

interação com interfaces, sistemas e estações informatizadas de monitoramento (SANTOS E ZAMBERLAN, 1992). Portanto, é imprescindível a precisão nas ações e nas tomadas de decisões, pois uma decisão equivocada pode resultar em erros em toda a cadeia produtiva ou em diversos setores que a ela estão ligados.

E, para a garantia da confiabilidade desse sistema, as condições em que os funcionários dessas salas realizam suas atividades devem propiciar toda estrutura necessária do ponto de vista ergonômico para a garantia de fatores securitários e de boa comunicação dos usuários com os demais elementos do sistema. Dentre esses elementos, a iluminação é quesito chave, pois influencia diretamente na visualização das interfaces e dos sistemas, onde inadequações na sua configuração podem acarretar em constrangimentos ergonômicos, sobrecarga física para o operador além de comprometer a confiabilidade das atividades exercidas pelo mesmo.

Tendo em vista que a cognição e a percepção visual são aspectos da atividade de trabalho que são influenciados pela iluminação artificial durante a sua realização (CASTRO et al, 2006), o presente artigo trata de uma intervenção ergonômica em um Centro de Controle Operacional (CCO) de uma mineradora, especificamente sobre a avaliação do nível de iluminação desse ambiente.

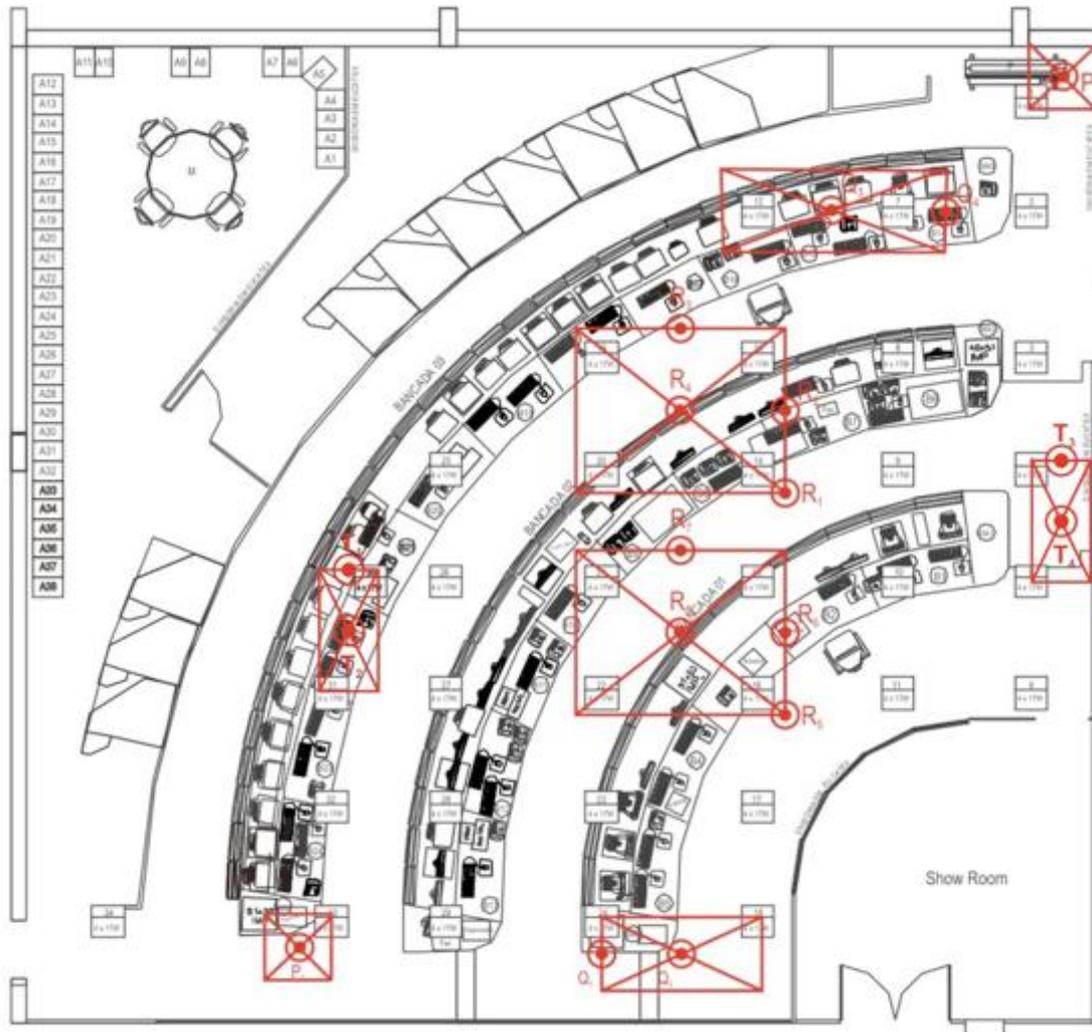
2. MÉTODOS E TÉCNICAS

Realizaram-se observações sistemáticas sobre as fontes luminosas secundárias (paredes, pisos, mobiliário, equipamentos, ferramentas, documentos, etc.) por meio de registro fotográfico e em vídeo, bem como um levantamento das condições de reflexo em superfícies dos postos de trabalho, conforme o material e a cor, e a percepção de possíveis fatores de risco de ofuscamento aos operadores.

Para a mensuração do nível de iluminamento do ambiente de trabalho, seguiu-se o procedimento determinado pela ISO/CIE 8995-1(2013), a qual é referência para a verificação da iluminação de ambientes de trabalho, para realização de suas atividades de maneira eficiente, com conforto e segurança. A norma também estabelece os principais parâmetros que contribuem para o ambiente luminoso, que são: distribuição da luminância, iluminância, ofuscamento, direcionalidade da luz, aspectos da cor da luz e superfícies, cintilação, luz natural e manutenção. Destes parâmetros, apresentam-se os resultados para a distribuição da luminância, iluminância e critérios qualitativos de ofuscamento.

Foram realizadas medições das dimensões do ambiente, registrando-se a disposição dos postos de trabalho para determinar os pontos de iluminação a serem mensurados (figura 1), esses pontos foram classificados quanto a áreas de iluminação típicas.

Figura 1 – Layout do CCO e os pontos de mensurações



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os funcionários realizam suas atividades divididos em 5 equipes que executam um rodízio de turnos, numa escala regressiva, que inicia às 18h, 12h, 6h e 0h, com 6h de trabalho por cada turno e 12h de descanso entre turnos, findando o ciclo com uma pausa de 36h. Devido a essa divisão, as medições da iluminância ocorreram em três turnos diferentes, constando que em cada turno de trabalho foram realizadas duas medições, a primeira com as luzes no terceiro nível de luminosidade (nível preferido pela maioria dos trabalhadores), e a segunda, com o maior nível oferecido pelo sistema. Para tal, foi utilizado um luxímetro digital (modelo LX1010B, marca Homis) para medir o nível de iluminamento do ambiente. Os dados obtidos foram comparados com os parâmetros referenciados pela ISO/CIE 8995-1 (2013), em função das características e especificidades de cada atividade desenvolvida na sala de controle.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 O Projeto Atual de Iluminação do Sistema-Alvo

A sala do Centro de Controle Operacional (CCO) possui 147,60 m² (figura 1) onde estão localizados os centros de controle do “tráfego da ferrovia”, “pátio” e “porto”, alocados em três bancadas (A, B e C, sendo A a maior e C a de menor extensão) em formato semicircular com bancadas de 0,75m de altura, configurado em forma de anfiteatro em três níveis e pé direitos diferentes, tendo variação de pé direito entre 3,5m, 3,25m e 3m, de acordo com a elevação de cada lance de bancadas (A, B e C, respectivamente). As paredes em alvenaria possuem cor verde claro e as divisórias em Eucatex possuem cor bege com acabamento fosco e o piso é do tipo elevado com revestimento superficial na cor cinza, também com acabamento fosco.

Na bancada A, localizam-se os postos do operador do Centro de Apoio a Trens e distribuidor (CAT), do planejador, do inspetor e dos controladores da ferrovia (figura 2), além dos operadores de empilhadeiras e recuperadoras. Suas atividades são efetuadas com a inserção e transmissão de dados via computadores, sendo que há interação com interfaces (painéis) projetadas na sua vista frontal (na parede), sendo uma com fundo claro e figuras escuras e outra com fundo escuro e figuras claras (com cores e saturações variadas) posicionadas uma ao lado da outra. Há a interação com informações recebidas via rádio e telefones.

Figura 2 – Postos de trabalho dos setores ferrovia, pátio e porto respectivamente.



Fonte: Autores de pesquisa.

Na bancada B, situam-se os controladores e inspetor de pátio, os operadores de embarque, desembarque, e coordenadores do porto. Estes profissionais não interagem com os painéis projetados na parede, na vista frontal. Eles utilizam mouse e teclado para a entrada de dados e controles, realizam atividades de desenho nas pranchetas para planejamento da rota de trens e, também, se utilizam de informações processadas via rádio e telefone. Já os profissionais do setor porto, também possuem interação com painel (interface) projetado na parede, interagem com monitores de vídeo - para os controladores de empilhadeira e empilhadeira/recuperadora - e, também, com informações processadas via rádio e telefone. Por fim, na bancada C ficam os postos de trabalho dos supervisores de cada centro de controle.

De posse destas informações, as atividades dos postos de trabalho do CCO podem ser classificadas - conforme a Norma NBR ISO/CIE 8995-1 (2013) para iluminâncias mantidas em lux, por tipo de atividade - da seguinte forma:

- operadores/controladores, inspetores e supervisores do setor **Ferrovia** – atividades de escritório (escrever, ler, teclar, processar dados) (iluminância mantida $E_M = 500\text{lux}$); estação de trabalho com monitores VDT ($\leq 1000 \text{ cd/m}^2$ – limite de luminância média das luminárias para telas de qualidade boa e média).
- operadores/controladores e inspetores do setor **Pátio** – atividades de escritório (escrever, ler, teclar, processar dados) (500 lux); estação de trabalho com monitores VDT ($\leq 1000 \text{ cd/m}^2$ – limite de luminância média das luminárias para telas de qualidade boa e média); Desenho técnico (registros, desenhos) (iluminância mantida $E_M=750\text{lux}$).
- operadores/controladores, inspetores e supervisores do setor **Porto** - atividades de escritório (escrever, ler, teclar, processar dados) (iluminância mantida $E_M = 500\text{lux}$); estação de trabalho com monitores VDT ($\leq 1000 \text{ cd/m}^2$ – limite de luminância média das luminárias para telas de qualidade boa e média).

3.2 O projeto atual de iluminação do CCO

O projeto do sistema de iluminação da sala do CCO é configurado com 100% de luz artificial, tendo uma formatação do tipo iluminação geral e direta, apresentando fileiras de luminárias compostas por quatro lâmpadas fluorescentes tubulares de 17watts com luminárias refletoras e aletas em alumínio brilhante. O layout de distribuição das mesmas é configurado por 6 (seis) fileiras, num total geral de 144 lâmpadas em 34 luminárias. Não há iluminação local, como luminárias portáteis, abajures, etc. O controle do sistema é feito por meio de *dimmer* discreto ou variador de tensão/frequência que permite variar a luminosidade das lâmpadas em 4 níveis, sendo o primeiro de maior intensidade com o segundo e o terceiro em níveis intermediários, e o quarto de menor intensidade.

Figura 3 – Tipo de Luminária utilizada na sala do CCO e sua distribuição.



Fonte: Autores de pesquisa.

Ressalta-se o fato de que os trabalhadores do CCO não usam o atual projeto de iluminação da sala por completo, isto é, algumas luminárias são apagadas. Além das fontes luminosas primárias serem as luminárias de teto, há também outras fontes luminosas: monitores de computadores, monitores de TV e interfaces gráficas (painéis) projetados na parede frontal em relação aos trabalhadores. Vale lembrar, também, que o ambiente é caracterizado como confinado, pois não há possibilidade de visualização do ambiente externo.

3.3 Observações sistemáticas

As observações sistemáticas demonstraram que há incompatibilidade entre o *layout* dos postos de trabalho e o atual sistema de iluminação, pois há zonas em que ocorrem penumbra, que podem provocar desconforto pela transição claro/escuro (IIDA & GUIMARÃES, 2016), como nos postos dos controladores do pátio (figura 4), o que prejudica a realização da atividade de desenho de rota.

Figura 4 – Postos do controlador de pátio, local onde ocorre penumbra.



Fonte: Autores de pesquisa.

Notou-se a ocorrência de ofuscamento nos postos dos operadores de descarga, do operador do tráfego e do operador de EP. Este ofuscamento decorre da presença de vários corpos brancos (objetos e superfícies capazes de refletir a luz) tais como a mesa, alguns teclados, mouses, suporte para aviso que é confeccionado em acrílico e impressoras que são capazes de refletir tanto a iluminação proveniente das luminárias quanto dos monitores e terminais de vídeo; daí a preferência dos trabalhadores pelo ambiente mais escuro. Para evitar a ocorrência de ofuscamento, Lida e Guimarães (2016), recomendam substituir superfícies que são refletoras por superfícies difusoras. Na presente pesquisa não foram realizados os cálculos do nível de ofuscamento unificado (UGR), que segundo a norma NBR ISO/CIE 8995-1 (2013), que estabelece o nível de desconforto provocado por ofuscamento.

3.4 Análise da distribuição da Luminância

A distribuição da luminância que foi observada no campo da visão dos trabalhadores do CCO mostrou que o controle do nível de adaptação dos olhos afeta diretamente a visibilidade da tarefa, pois há diferença entre as tarefas dos postos de trabalhos envolvidos, o que provoca contrastes de luminâncias muito altos, causando fadiga visual devido a

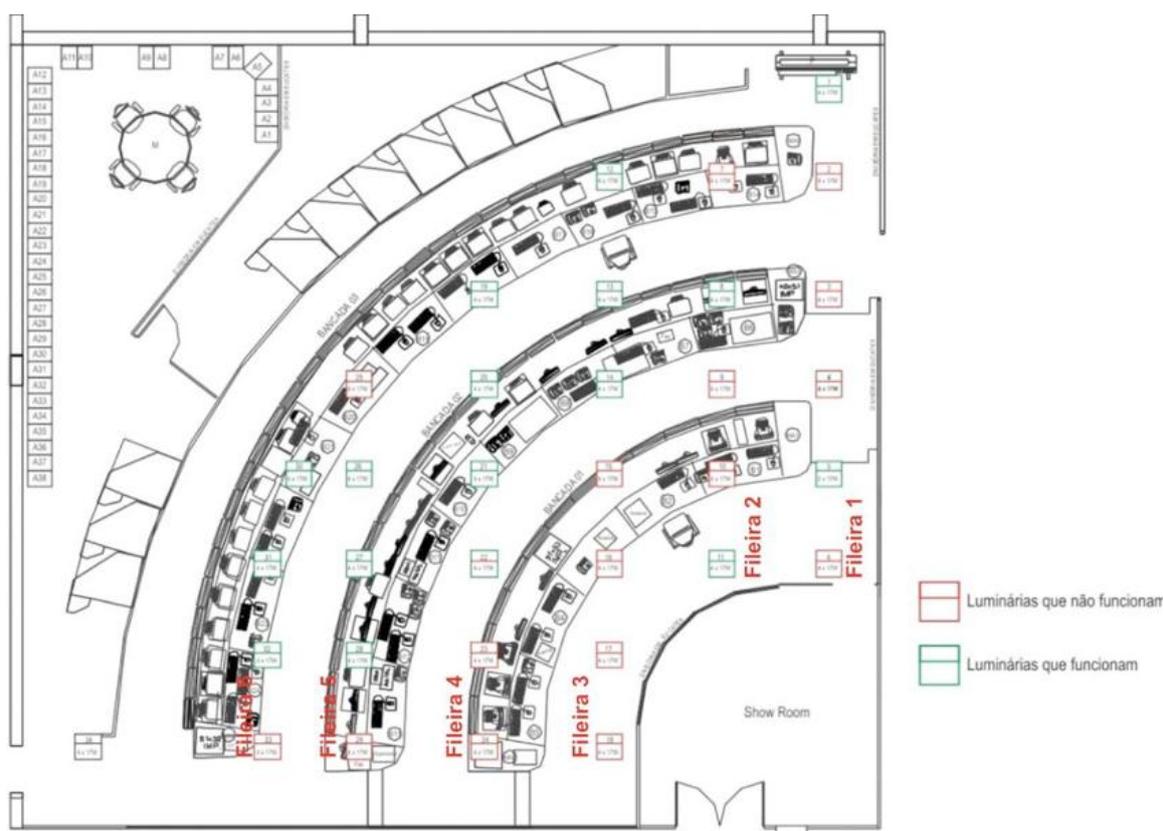
constante readaptação (NBR ISO/CIE 8995-1, 2013). Em outro extremo, quando há a necessidade de abaixar a luminância do ambiente, os postos que necessitariam de maior luminância são percebidos como ambientes de trabalho sem estímulos e tediosos (NBR ISO/CIE 8995-1, 2013).

Segundo Grandjean (1998), problemas com projetos de iluminação, provocam fadiga visual e são responsáveis por 20% da maioria dos acidentes. Portanto, as tarefas realizadas dentro do CCO, que envolvem um elevado grau de atenção, podem ser prejudicadas pelas falhas apontadas no sistema de iluminação, o que pode ocasionar erros e falhas nos outros sistemas controlados pelo centro, causando incidentes, acidentes e fatalidades.

3.5 Mensuração das condições de iluminamento e critérios qualitativos de ofuscamento

Antes da apresentação dos resultados, faz-se necessário ressaltar que durante as medições das 144 luminárias, apenas 53 funcionavam, o que representa 36% da capacidade de iluminação permitida pelo atual sistema (figura 5).

Figura 5 – Sistema de iluminação da sala do CCO.



Fonte: Autores de pesquisa.

O resultado das medições do nível de iluminamento, em todos os turnos, demonstrou que o atual sistema de iluminação não atende aos requisitos da NBR ISO/CIE 8995-1(2013) que determina que os postos de trabalho não devam ter valor inferior ao do recomendado,

conforme as especificidades de cada tarefa. Os parâmetros considerados foram: atividades de escritório, escrever, ler, teclar, processar dados, cujo valor recomendado é de 500 lux; atividade em estação de trabalho com monitores VDT e sala de controle, no qual o valor recomendado é 500 até 1000 lux; e para desenho técnico, cujo nível recomendado é de 750 lux (figuras 6, 7 e 8).

Quadro 1 – Resultados das mensurações realizadas pelo primeiro turno.

Postos do CCO Ferrovia	NBR ISO/CIE 8995-1	Iluminância Média (lux)			
		Medição 1	Percentual de atendimento da norma %	Medição 2	Percentual de atendimento da norma %
Controladores da ferrovia	500		11,5		39,5
CAT	500		11,5		39,5
Planejador	500		11,5		39,5
Inspetor	500		11,5		39,5
Supervisor	500		11,5		39,5
Engenheiro	500		11,5		39,5
Postos do CCP					
Controladores da ferrovia	750	57,5	7,7	197,4	26,3
Inspetor	500		11,5		39,5
Supervisor	500		11,5		39,5
Postos do COP					
Operador de descarga	500		11,5		39,5
Operadores de carga	500		11,5		39,5
Operador de EP	500		11,5		39,5
Operador de ER	500		11,5		39,5

Fonte: Autores de pesquisa.

Quadro 2 – Resultados das mensurações realizadas no segundo turno.

Postos do CCO Ferrovia	NBR ISO/CIE 8995-1	Iluminância Média (lux)			
		Medição 1	Percentual de atendimento da norma %	Medição 2	Percentual de atendimento da norma %
Controladores da ferrovia	500		11,4		38,0
CAT	500		11,4		38,0
Planejador	500		11,4		38,0
Inspetor	500		11,4		38,0
Supervisor	500		11,4		38,0
Engenheiro	500		11,4		38,0
Postos do CCP					
Controladores da ferrovia	750	57,0	7,6	189,8	25,3
Inspetor	500		11,4		38,0
Supervisor	500		11,4		38,0
Postos do COP					
Operador de descarga	500		11,4		38,0
Operadores de carga	500		11,4		38,0
Operador de EP	500		11,4		38,0
Operador de ER	500		11,4		38,0

Fonte: Autores de pesquisa.

Quadro 3 – Resultados das mensurações realizadas no terceiro turno.

Postos do CCO Ferrovia	NBR ISO/CIE 8995-1	Iluminância Média (lux)			
		Medição 1	Percentual de atendimento da norma %	Medição 2	Percentual de atendimento da norma %
Controladores da ferrovia	500		10,56		39,3
CAT	500		10,56		39,3
Planejador	500		10,56		39,3
Inspetor	500		10,56		39,3
Supervisor	500		10,56		39,3
Engenheiro	500		10,56		39,3
Postos do CCP					
Controladores da ferrovia	750	52,8	7,0	196,5	26,2
Inspetor	500		10,56		39,3
Supervisor	500		10,56		39,3
Postos do COP					
Operador de descarga	500		10,56		39,3
Operadores de carga	500		10,56		39,3
Operador de EP	500		10,56		39,3
Operador de ER	500		10,56		39,3

Fonte: Autores de pesquisa.

De maneira geral, no CCO não há o balanceamento adequado das luminâncias de modo a obter contrastes adequados dentro do próprio posto de trabalho, ou seja, das várias fontes de informação consultadas: tela, teclado, eventuais documentos e superfície de trabalho, do posto de trabalho e do entorno próximo e do posto de trabalho e do ambiente geral da sala de controle. No ambiente, o trabalho é realizado de maneira contínua, o que segundo a norma, a iluminância não poderia ser mantida a um valor inferior a 200 lux.

Não há correspondência entre a luminância e os tipos de atividades desenvolvidas no CCO, ocorrendo atividades diferentes que recebem uma condição de luminância igual. Como exemplos as tarefas de uso de terminais de vídeo, terminais de computadores e o desenho em prancheta. Esta situação é agravada pelo fato de não haver combinação da iluminação geral com iluminação localizada no posto de trabalho.

A iluminância no entorno imediato fica também comprometida devida ao não implemento da iluminância de área de tarefa, que acarretou em uma distribuição não balanceada de luminância no campo de visão. Ao se deslocar de uma área a outra do ambiente do CCO, ocorrem mudanças drásticas nas luminâncias ao redor da área de tarefa, que podem levar a um esforço visual estressante e desconforto (NBR ISO/CIE 8995-1, 2013).

Os ofuscamentos decorrentes do desbalanceamento das luminâncias foram observados em para as fontes luminosas secundárias (tela dos computadores e dos terminais de vídeo) expostas, em contraste com ambientes de grande penumbra, pois os operadores não usam o projeto de iluminação por completo, optando por desligar algumas luminárias.

A presença de reflexos em superfícies polidas foi notada sobre as telas dos monitores, superfícies de cores claras, como bancadas, teclados, mouses e consoles, agravado caso todas as luminárias sejam acesas. Os reflexos acarretam, além do desconforto do ofuscamento ao operador, a impossibilidade de visualização da informação contida na parte da tela onde há o reflexo. Essa situação, na atividade de controle do processo por meio de monitores, pode levar a situações de perigo. Se há uma grande diferença de luminosidade entre essas diferentes fontes, há o risco de ofuscamento dos operadores pelas fontes muito

luminosas e de incapacidade de distinguir detalhes nas zonas mais sombrias (Santos & Zamberlan, 1992).

Santos e Zamberlan (1992), afirmam ainda que para as salas de controle é recomendável que a iluminância seja regulável entre 150 e 500lux. Já a NBR ISO/CIE 8995-1(2013), recomenda que as salas de controle apresentem como nível de luminância mantida o valor de 500lux, e com observações para painéis de visualização na vertical, a aplicação de dimerização e um estudo mais específico para a tarefa com VDT, pois dependendo da atividade o valor médio pode variar até 1000 lux.

Estas referências corroboram que os resultados das medições do nível de iluminamento do CCO, em todos os turnos estão inadequados, isto significa que o ambiente não proporciona a segurança visual e as necessidades do desempenho visual para os postos de trabalho.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresenta as inadequações e incompatibilidades com as tarefas exercidas dentro do CCO em uma mineradora, apresentando a necessidade de uma atenção maior no tocante à relação entre a iluminação e a tarefa exercida, visto que a sala de controle apresentada possui grupos e subgrupos com demandas e atuações específicas, e apenas uma iluminação geral, sendo observado que a atual disposição (geral) não atende especificidades das atividades realizadas. Como afirmam Santos e Zamberlan (1992), a iluminação adequada às exigências das diferentes atividades deve ser obtida a partir da combinação da iluminação geral e da iluminação localizada no posto de trabalho, bem como pensar em iluminação, luminância e suas relações, além de questões como ofuscamentos, reflexos e outros fatores são importantes para criar um ambiente visual confortável e adequado para a saúde dos operadores e para a qualidade do trabalho. Este posicionamento deve ser ação prioritária, principalmente em atividades realizadas em salas de controle, que a atenção deve ser mantida, pois qualquer distração pode acarretar em incidentes, acidentes ou fatalidade.

Os resultados aqui apresentados, foram sobre questões relativas à distribuição da luminância e do iluminamento da sala de um Centro Controle Operacional (CCO) de uma mineradora. Tais resultados mostraram a severidade dos problemas discutidos, contudo elas podem ser ainda mais aprofundadas, realizando-se as análises do índice de ofuscamento unificado (UGR), direcionalidade, aparência da cor e manutenção. Um outro ponto se constitui na investigação dos fatores subjetivos aos funcionários, em uma tentativa de compreender qual o motivo para não utilizam toda a capacidade do sistema de iluminação investigado. Espera-se que o presente estudo motive pesquisas futuras, que possam realizar um cruzamento entre variáveis tais como idade, execução de tarefa, e diferentes valores de iluminamento e luminância para salas de controle.

5. AGRADECIMENTOS

Apresentam-se aqui os agradecimentos ao Dr. Florentino Assenço Filho, Samuel Benison da Costa Campos, Janaína Garcês Diniz, Patrícia Oliveira Braga e Rosyvaldo Ferreira Silva pela significativa contribuição ao longo da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro, 2013.

CASTRO, I. S.; RHEINGATZ, P. A.; GONÇALVES, A. M. Cognição e percepção visual: a influência da iluminação artificial sobre uma atividade de trabalho realizada em um ambiente informatizado confinado. 2006, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: ABERGO Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Pesquisa/cognicao_e_percepcao_visual_a_influencia_da_iluminacao_artificial_sobre_uma_atividade_de_trabalho_realizada_em_um_ambiente_informatizado_confinado.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2016.

GRANDJEAN, Etienne. **Manual de Ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.

IIDA, Itiro; GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. **Ergonomia**: Projeto e Produção. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2016.

SANTOS, V.; ZAMBERLAN, M. C. **Projeto Ergonômico de Salas de Controle**. Fundación Mapfre, São Paulo: Sucursal Brasil, 1992. 143 p.