



---

## 1. Introdução

O estudo deste artigo teve como objetivo analisar e compreender o impacto e a influência que a iluminação causa no ser humano em seu ambiente de trabalho, buscando compreender qual a melhor iluminação para o aumento de produtividade, concentração e assertividade. Durante este estudo foram abordados os fundamentos de comportamento da luz na física clássica e quântica para a compreensão de seu comportamento, passando pelas cores e temperaturas, relacionando com os efeitos e influências no psicológico e físico do corpo humano.

Inicialmente foram apresentados os conceitos fundamentais do comportamento da luz na física clássica, onde foi possível compreender que a luz visível é uma faixa dentro de um espectro de ondas. Os tipos de ondas apresentadas para a compreensão iniciam-se nas ondas de rádio e estendendo até os raios gama, cada uma delas possuindo um comprimento e uma frequência diferente. O fundamento da física quântica apresentado ajudou a observar o comportamento mais intrínseco da luz complementando os fundamentos teóricos deste artigo.

Parte importante deste estudo está associado aos efeitos das cores no psicológico e corpo dos seres humanos, pois as cores e a temperatura das luzes são capazes de provocar diversas sensações e emoções. Tendo em vista os estudos que indicam que cada cor tem a capacidade de produzir uma reação diferente no ser humano, desde a sensação de peso dos objetos, influência nas sensações térmicas, na percepção do tamanho do ambiente, e até mesmo em efeitos corporais como batimentos cardíacos. As empresas têm esse conhecimento disponível e podem utilizá-lo para melhorar o marketing e aumentar a visibilidade e vendas de seus produtos ou serviços.

Considerando os efeitos das cores no psicológico humano, buscou-se estabelecer e analisar uma relação entre a iluminação e desempenho dos seres humanos.

Nos estudos foram utilizados todos os conceitos adquiridos, com o intuito de determinar o desempenho de produtividade de diversos participantes em um experimento com ambiente fechado e luminosidade controlada, aplicando um teste sob diferentes tipos de cores e iluminação. Ao concluir os testes foi possível analisar que existe uma relação entre a iluminação do ambiente e a produtividade dos seres humanos mediante ao tipo de iluminação ao qual está exposto.

## 2. Referencial teórico

Por definição, chamamos de luz qualquer forma de radiação eletromagnética cuja frequência seja visível ao olho humano. Em condições normais, ela se propaga no vácuo em diferentes frequências a uma velocidade aproximada de 300.000 km/s.

Chamamos de espectro visível as frequências que são visíveis ao olho humano e que variam seu comprimento entre 400 nm e 700 nm partindo do violeta nas frequências mais baixas até chegar na vermelha, sendo abaixo desse valor ultravioleta e acima infravermelho, conforme figuras (HALLIDAY; RENISCK, 1984).

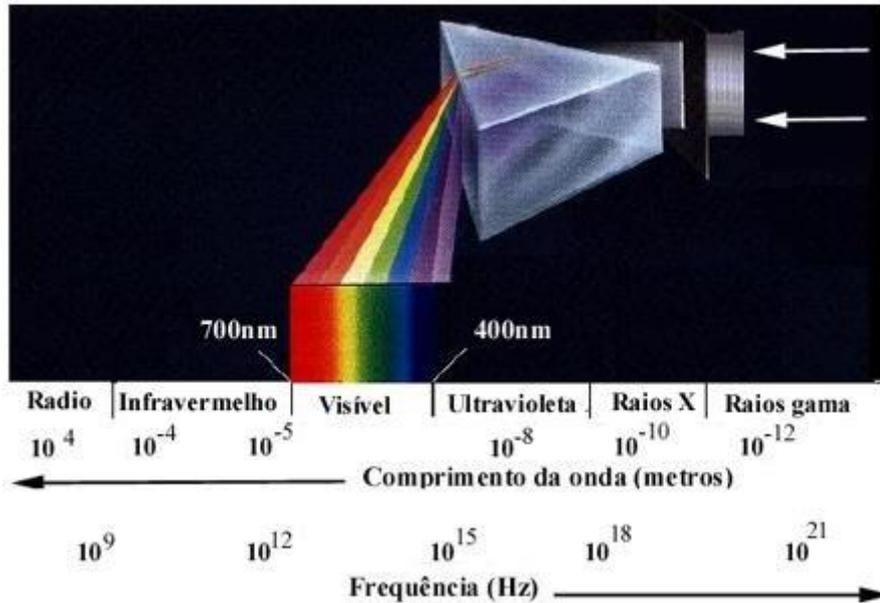


Figura 1: Comprimento das ondas das cores.

Disponível em: < <https://www.todamateria.com.br/espectro-eleto-magnetico/>. Acesso em 12 jan.2023.

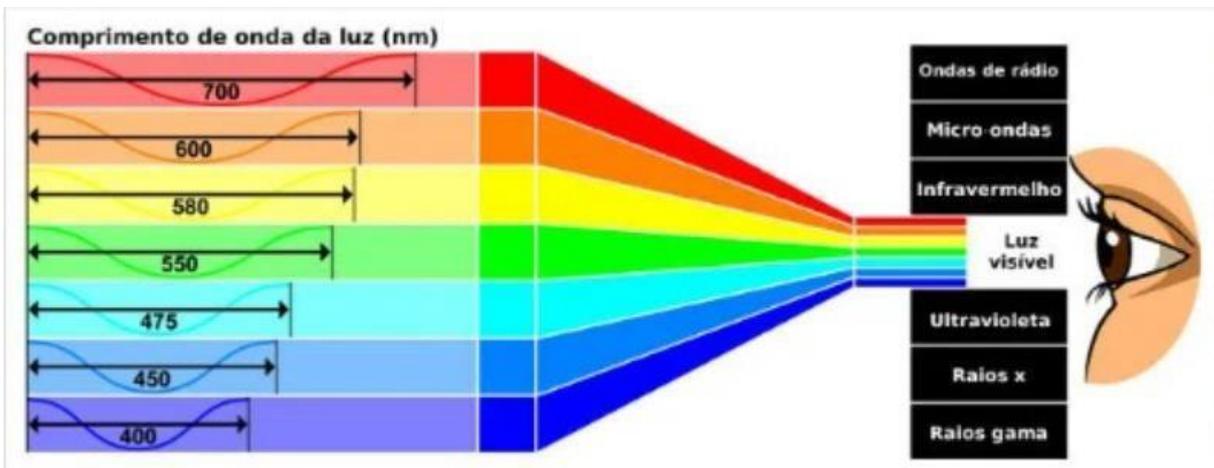


Figura 2: Comprimento das ondas das cores.

Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-espectro-eleto-magnetico.htm>>. Acesso em 20 nov. 2022.

## 2.1. Comportamento da luz

Estudada desde antes do século XVII, a luz sempre gerou muita curiosidade e é até hoje considerada um dos grandes mistérios da física por apresentar comportamento duplo, ora sendo interpretada como onda e outras vezes, em casos mais específicos, sendo interpretada como partícula.

Sobre o comportamento da luz, define-se:

Luz como uma onda de probabilidade [...] Um dos grandes mistérios da física é o fato de a luz se comportar como uma onda (ou seja, como um fenômeno não localizado) na física clássica. E ao mesmo tempo, ser emitida e absorvida através de entidades discretas chamadas

---

fótons (ou seja, como um fenômeno localizado) na física quântica (HALLIDAY; RESNICK, 2012, p.186).

Para Young; Freedman (2004, p.103);

[...] A luz possui dupla personalidade e pode simultaneamente se comportar como onda ou como partícula. Tal como no caso de ondas sonoras e de ondas de água, a luz é capaz de formar figuras de interferência. Contudo, se a luz for examinada em distâncias suficientemente pequenas, verifica-se que ela é constituída por fótons que se comportam como partículas. Essa dualidade é observada não apenas para a luz, mas também para todas as ondas do espectro eletromagnético.

## 2.2 Cores

Heller (2014) afirma que a determinação de cor de um objeto visualizado depende da luz, de seu comprimento de onda e da forma como ela é absorvida e refletida em determinada superfície, isso porque a cor é uma percepção visual. Nossos olhos captam ondas eletromagnéticas através da retina e transmitem como forma de informação pré-processada pelo nervo óptico, impressões para nosso sistema nervoso central, e é por isso que vemos cores diferentes dependendo da frequência ou do comprimento da onda de luz visualizada.

“A física nos explica que a luz é incolor. Somente adquire cor quando passa através da estruturado espectro visual. Concluimos, pois, que a cor não é uma matéria nem uma luz, mas uma sensação.” (FARINA, 1990, p.77). Dessa forma, conclui-se que:

A cor é essencialmente um conceito subjetivo próprio do ser humano e consiste na interpretação que o sistema sensorial e o cérebro atribuem aos diferentes comprimentos de onda da luz recebida ao interpretarem os estímulos nervosos provocados pela absorção dos fótons da radiação eletromagnética com comprimento de onda compreendido entre 400 e 700 nm (LOPES, 2003, p.3).

Segundo Heller (2014), o branco não é uma cor, pois é a soma de todas as cores da luz, sendo elas vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta e podendo ser vista quando decomposta no arco-íris, enquanto o preto é a ausência de todas as cores e, portanto, foi declarado uma “não cor”.

## 2.3. Temperatura de cores

Para medir a temperatura da cor foi realizada uma experiência por Willian Thomson utilizando uma barra de ferro que foi aquecida até atingir a cor vermelha e a temperatura foi medida em Kelvin (ou K), apresentando a temperatura 1200 K e a partir daí, através de cálculos, as outras cores foram obtidas, sendo o violeta a maior temperatura com 11000 K (ROCHA, 2010).

Segundo Alves (2001), para estabelecer uma relação mais exata entre a temperatura e a cor, decidiu-se tomar como amostra ideal as radiações emitidas pelo corpo negro. Corpo Negro é representado pelo corpo capaz de absorver toda radiação sobre ele incidente. As fontes padrões são construídas de Torita, cujas paredes da cavidade são enegrecidas com fuligem e cuja abertura de 1 cm<sup>2</sup> deixam sair as radiações quando aquecido. Ao aquecer o corpo negro de maneira

uniforme, a temperaturas mais altas, verifica-se, ao observar a cavidade, uma luz cada vez mais branca e mais intensa.

Conforme Sorares *et al.* (2016), o corpo negro quando aquecido irá emitir uma luz diretamente relacionada a temperatura, começando pelo vermelho nas temperaturas mais baixas por volta de 1200 K, passando pelo amarelo até chegar ao azul em aproximadamente 5800 K, sendo essa temperatura aproximada da luz do sol ao meio-dia.

A luz natural é o sinal ambiental mais importante que informa ao nosso corpo que horas são. O ritmo circadiano é a adaptação do corpo humano às percepções de luz (dia) e escuridão (noite) em um período de aproximadamente 24 horas, segundo Locley (2007). Ao nascer do sol a temperatura está abaixo dos 2000 K, subindo conforme o sol chega ao seu ápice entre 5500 e 6500 K aproximadamente entre 12h e 13h, emitindo uma luz azulada e branca. Após seu ápice, a temperatura volta a cair conforme o pôr do sol se aproxima, chegando novamente abaixo de 2000 K, conforme ilustra a figura 3.

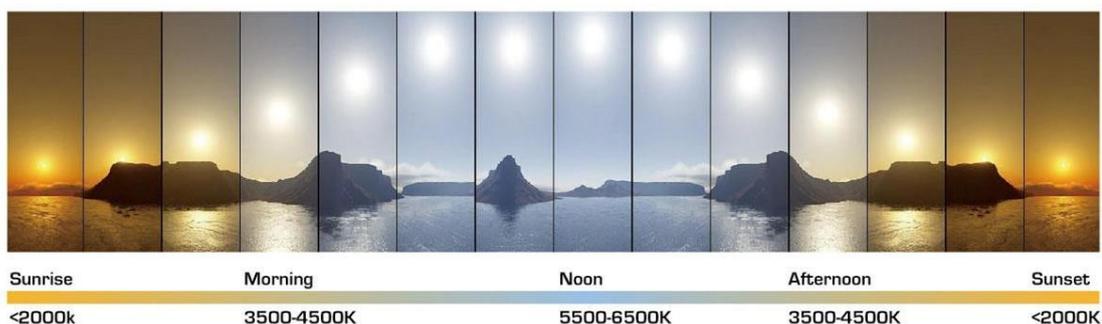


Figura 3: Temperatura da luz ao longo do dia.

Disponível em: <<https://instaarts.com/sem-categoria/o-que-e-a-temperatura-da-cor/>>. Acesso em 20 nov. 2022.

## 2.4. Intensidade

De acordo com Neto (1980), intensidade luminosa é o valor da energia radiante emitida por uma fonte de luz puntiforme em uma determinada direção e sua unidade de medida é candela (cd). Alves (2001) define o fluxo luminoso como quantidade de energia, “Potência de Radiação” radiante emitida por uma fonte luminosa e avaliado pelo olho humano, sua unidade de medida é Lúmen (lm) e segundo Neto (1980) iluminância é definida como densidade fluxo de luminoso sobre uma superfície e sua unidade de medida é LUX (lx).

## 2.5. Reação corporal a cor

De acordo com Gamito (2005, p. 93), “sendo a cor um meio necessário para a informação, comunicação e compreensão do meio ambiente, tem uma carga visual, associativa, simbólica, de sinestesia e emocional que afeta o ser humano psicologicamente e fisiologicamente [...]”. Ainda segundo Gamito, a cor vermelha é excitante e estimulante, provocando aumento de pulsações e uma imediata subida de pressão arterial, causando dificuldade em trabalhar ou mesmo permanecer em um quarto totalmente vermelho. Já o amarelo, aumenta a atividade motora e embora não produza efeito sobre a pressão arterial, provoca uma tensão ocular que é impeditiva de muitas atividades. Dias *et al.* (2014, p.1) afirmam que “a comprovação científica da ligação entre doenças depressivas e a privação da luz deixou clara a existência de outros efeitos não-

visuais daquela fonte de energia. [...] Maiores níveis de iluminação nos olhos podem aumentara atividade, o estado de alerta e o bem-estar [...]”. Afirma também:

A luz possui um efeito neuroendócrino e neurocomportamental mensurável sobre o corpo humano, principalmente para garantir um ciclo de sono/vigília saudável e para a manutenção do ciclo atividade/descanso. Ao investigar os efeitos da luz sobre a saúde humana, os autores sugerem que as evidências indicam ligações entre a exposição à luz e a saúde e produtividade (DIAS Et al., 2014, p. 5 apud ANDERSEN; MARDALJEVIC; LOCKLEY, 2012).

Conforme Farina (1990) afirma, as pessoas dão um peso psicológico para as cores, escolhendo o preto como mais pesado e o branco como mais leve, o verde como cor mais próxima ao pesado e amarelo a cor mais próxima do leve. Ainda o referido autor afirmou “O próprio volume de um objeto pode ser alterado pelo uso da cor. Uma superfície branca parece sempre maior, pois a luz que reflete lhe confere amplidão. As cores escuras, ao contrário, diminuem o espaço.” (FARINA, 1990, p.16)

## 2.6. Referencial estatístico

De acordo com a base estatística apresentada no Livro de Probabilidade e Estatística EAD – UFRGS de David Diez 2021, as fórmulas para cálculo de média aritmética, desvio padrão, intervalo de confiança e quartis apresentados na figura 4 são necessários para a comparação dos dados coletados. O intervalo interquartil é usado para exclusão dos *outliers*, que tem por definição “dados anormalmente distantes, com resultados extremos em relação ao resto dos dados” (DIEZ, 1999, p. 53)", sendo identificados pelos dados que estão abaixo do limite inferior e acima do limite superior, calculados de acordo com a figura 5.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

**Média Aritimética**                      **Desvio Padrão**

$$CI = \bar{x} \pm z \frac{s}{\sqrt{n}} \quad Qi = \frac{i * (n + 1)}{4}$$

**Confiança**                                      **Quartis**

Figura 4: Fórmulas estatísticas

Disponível em: < [https://www.ufrgs.br/probabilidade-estatistica/livro/livro\\_probabilidade\\_estatistica\\_EAD.pdf](https://www.ufrgs.br/probabilidade-estatistica/livro/livro_probabilidade_estatistica_EAD.pdf) >. Acesso em: 16 nov. 2023

$$IQR = Q_3 - Q_1 \quad L_{Sup} = \bar{x} + 1,5 \times IQR$$

$$L_{Inf} = \bar{x} - 1,5 \times IQR$$

Figura 5: Limite superior e inferior

Disponível em: < <https://aprendogestao.com.br/2016/08/26/identificacao-de-outliers/> >. Acesso em: 28 nov. 2023

### 3. Metodologia

O propósito de todos os conceitos abordados foi estabelecer as bases para compreender os dados coletados nos testes realizados sob condições de luminosidade controlada.

Para avaliar a produtividade e a concentração, aplicou-se um teste de raciocínio lógico composto por 50 questões, sendo uma delas ilustrada na Figura 5, com a participação de três grupos compostos por 37 indivíduos cada. Todos os participantes são alunos dos cursos de Engenharia da Universidade Anhembi Morumbi. Esses participantes, com idades entre 18 e 26 anos, foram submetidos aos testes dentro de uma sala incolor e sem iluminação externa. A iluminação foi provida por quatro refletores de LED, conforme ilustrado na Figura 6, com capacidade luminosa de 3840 lm. Esses refletores emitem duas temperaturas, com uma variação entre branco quente 3200 K e branco frio 5600 K ajustado conforme temperatura desejada e para iluminação vermelha utilizou-se uma gelatina vermelha de estúdio fotográfico com ajuste de temperatura em 4500K. Cada um dos três grupos analisados realizou o mesmo teste de raciocínio sob apenas uma iluminação: branco quente (3200 K), branco frio (5600 K) e vermelho.

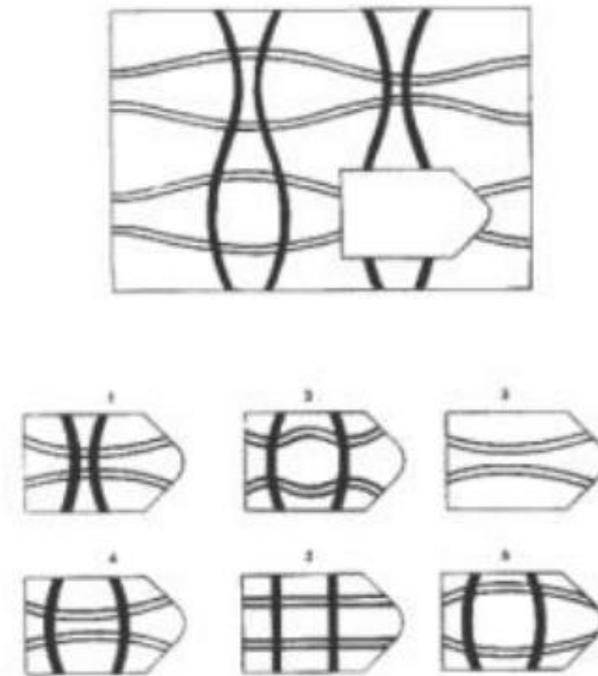


Figura 6: Teste de raciocínio lógico

Disponível em: < <https://pt.scribd.com/document/530291429/Manual-Psico- tecnico-Concurseiro-Robson> >. Acesso em: 02 mai. 2023



Figura 7: Modelo de led GK-1040BA.

Disponível em: < <https://www.lumitecfoto.com.br/iluminador-led-gk-1040ba-bicolor-3200k-5600k-controle-sem-fio.html>>. Acesso em: 16 nov. 2023

O teste foi composto por 50 questões com um tempo pré-determinado de 15 minutos para a conclusão do máximo de questões possíveis dentro deste tempo. Posteriormente, organizou-se os dados em planilhas e separou-se por quantidade de respostas e acertos para cada tipo de iluminação e temperatura.

Utilizou-se as técnicas de estatísticas para obter um nível de confiança de 95% das amostras coletadas, para estabelecer as diferenças entre os três grupos.

#### 4. Análise e discussão dos resultados

Calculou-se a média aritmética dos resultados, analisando em acertos e quantidade de respostas, o desvio padrão e o intervalo de confiança conforme figura 8.

	Media	DP	IC(-)	IC(+)
Acertos vermelho	17,32	6,6638809	15,0	19,7
Acertos Branco frio	21,32	7,5867357	18,8	23,9
Acertos branco quente	23,10	7,7078049	20,6	25,6
Respostas vermelho	26,00	6,7592529	23,6	28,4
Respostas Branco frio	30,03	8,654785	27,0	33,1
Respostas branco quente	32,50	7,9228422	29,8	35,2

Figura 8: Tabela de resultados  
Fonte: Própria (2023)

Calculou-se os *outliers* por meio das fórmulas dos quartis e intervalo interquartílico e, com o auxílio dos gráficos gerados, não foram excluídos dados de quantidade de acertos nas luzes branca fria e branca quente conforme figuras 9 e 11, foram excluídos 2 valores de quantidade de acertos dos dados realizados na luz vermelha conforme figura 10, 4 valores de quantidade de respostas na luz branca quente conforme figura 12, 5 valores de quantidade de respostas na luz branca fria conforme figura 14 e 3 valores da quantidade de respostas na luz vermelha conforme figura 13.



Figura 9: Gráfico de quantidade de acertos na luz branca quente  
 Fonte: Própria (2023)

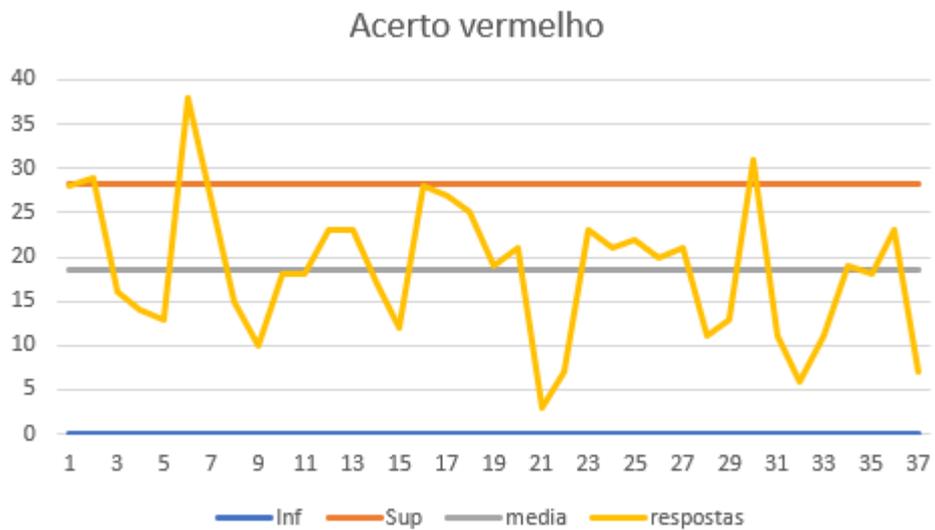


Figura 10: Gráfico de quantidade de acertos na luz vermelha  
 Fonte: Própria (2023)

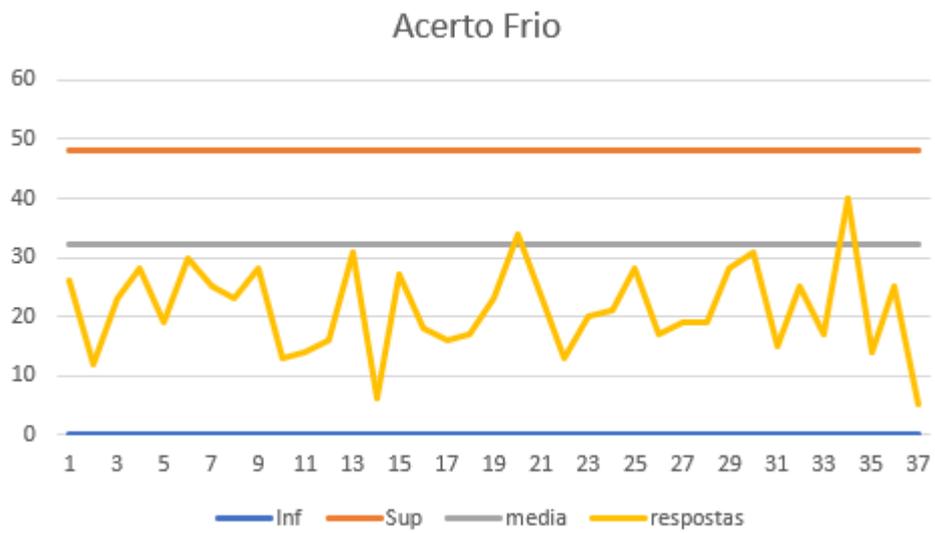


Figura 11- Gráfico de quantidade de acertos na luz branca fria  
 Fonte: Própria (2023)

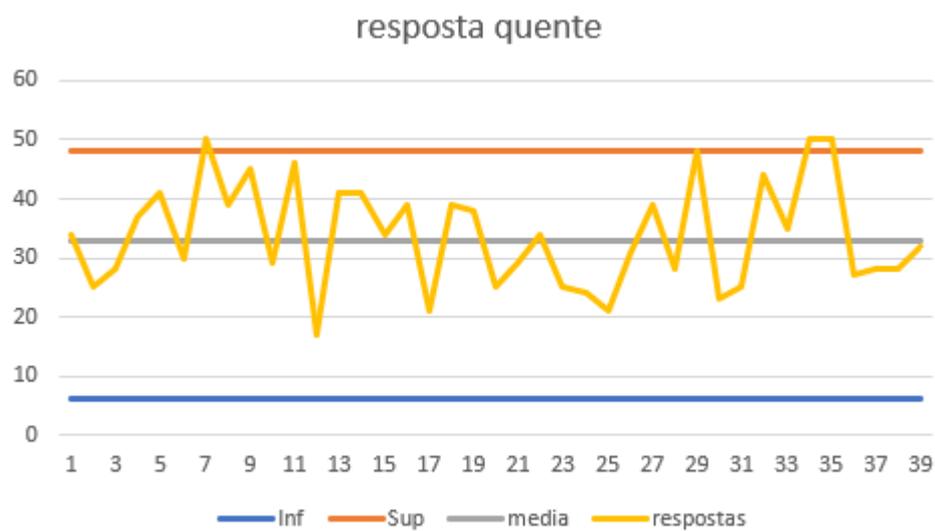


Figura 12: Gráfico de quantidade de respostas na luz branca quente  
 Fonte: Própria (2023)

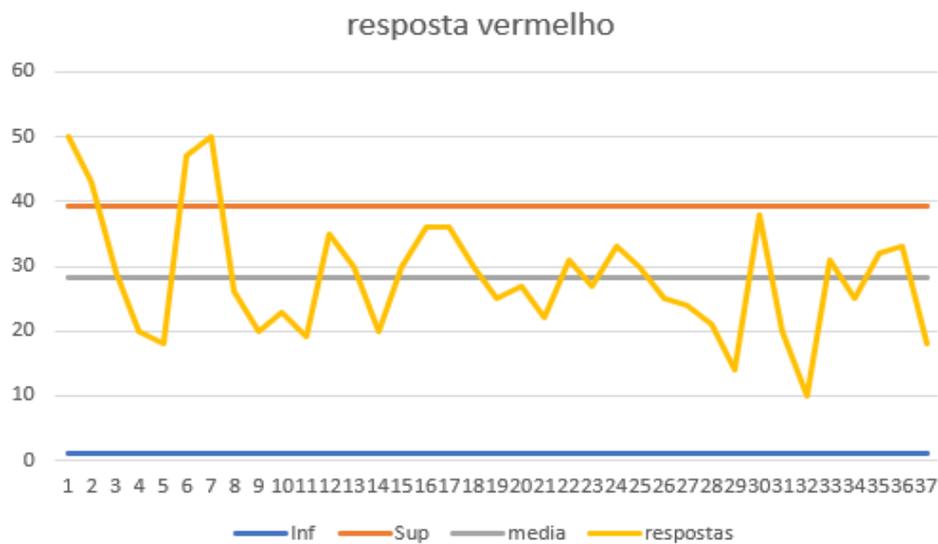


Figura 13: Gráfico de quantidade de respostas na luz vermelha  
 Fonte: Própria (2023)



Figura 14: Gráfico de quantidade de respostas na luz branca fria  
 Fonte: Própria (2023)

Foi possível analisar que o intervalo de confiança de acertos em vermelho variou de 15,0 a 19,7. Em branco quente variou de 20,6 a 25,6, enquanto a quantidade de respostas preenchidas em vermelho foi de 23,6 a 28,4 e em branco quente 29,8 a 35,2, ocasionando uma diferença estatística significativa entre elas, enquanto a luz branca fria houve empate técnico com ambas as outras. Dessa forma foi possível concluir que conforme esperado e com embasamento teórico, existe diferença significativa quanto a eficácia e eficiência em decorrência da iluminação do ambiente em que se executam as tarefas. Também conforme esperado teoricamente, a luz vermelha apresentou resultados inferiores em relação aos acertos, e contrariando o teórico, também apresentou resultados inferiores em relação a velocidade de resposta, sendo possível concluir que foi necessário mais tempo para concentração e raciocínio, diminuindo a velocidade de execução. A luz branca quente atendeu às expectativas quanto aos acertos, porém ao contrário do

---

esperado, também foi a luz mais eficiente em relação à velocidade, portanto concluiu-se que no ambiente com mais serenidade e tranquilidade, a concentração aumenta e consequentemente a velocidade de execução também.

## 5. Considerações finais

Pôde-se observar ao longo do artigo que a luz interfere diretamente nos sentimentos, concentração e consequentemente na eficácia e eficiência ao realizar tarefas. Observou-se que iluminação vermelha causa um maior stress, e os candidatos expostos a essa luz prolongaram seu tempo de reflexão, o que resultou em respostas mais lentas. E conforme esperado em comparação com outras cores o vermelho apresentou um número maior de erros em relação a número de questões respondidas.

Os candidatos expostos a um ambiente mais confortável com a iluminação em branco quente, apresentaram um desempenho melhor entre todas as iluminações utilizadas para este estudo, com um número maior de respostas e uma taxa de acertos melhor dentro do tempo de teste.

Esses resultados levam à conclusão de que a iluminação adequada desempenha um papel fundamental na produtividade. Isso se torna um ponto crucial a ser considerado para criar ambientes de melhor qualidade e aumentar a eficiência no trabalho.

Em nosso estudo, empregou-se luz refletida para realização dos testes. No entanto, sugerimos a realização de estudos adicionais que utilizem luz incidente durante a aplicação dos testes, a fim de investigar possíveis variações nos resultados e analisar a relação direta da luz monitores. Para isso, sugerimos que as respostas dos testes sejam feitas de forma virtual, com ambiente controlado na luz quente e usando um monitor com ajuste de balanço de branco e filtro azul.

## Agradecimentos

Primeiramente agradecer a Deus que nos forneceu força e saúde para superar esta etapa em nossas vidas.

Os agradecimentos à Universidade Anhembi Morumbi pelo apoio e incentivo a pesquisa, seu corpo docente, administração e coordenação do curso de Engenharia de Produção.

Ao nosso orientador Conrad Elber por todo suporte durante o processo, fornecendo conselhos, conhecimento, confiança e correções sempre com animação e entusiasmo.

Para os nossos pais, que sempre nos proporcionaram amor, encorajamento e apoio inabalável. E nossos agradecimentos a todos que colaboraram direta ou indiretamente com a realização deste trabalho.

## Referências

ALVES, L.F.R.. **Projetos de Iluminação**. Belo Horizonte: Gráfica Ufop, 2001.

DIAS, Maíra Vieira et al. **Iluminação e saúde humana: Estado da arte em dispositivos de medição de luz no nível dos olhos**. 2014. 18 f. Tese (Doutorado) - Fapesp, São Paulo, 2014.

---

Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/posfau/article/view/90261/92949>. Acesso em: 20 nov. 2022.

FARINA, Modesto. **Psicodinâmica das cores em comunicação**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1990.

GAMITO, Margarida Maria Allen. **A cor na formação do designer**. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2005. Disponível em: [https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/5985/1/A%20Cor%20na%20Formação%20do%20Designer\\_Dissertação.pdf](https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/5985/1/A%20Cor%20na%20Formação%20do%20Designer_Dissertação.pdf). Acesso em: 20 nov. 2022.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Física 4**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1984.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Fundamentos de Física: volume 4**. 9. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2012.

HELLER, Eva. **Psicologia das cores**. São Paulo: Editora Garamond, 2014.

HELERBROCK, Rafael. **Espectro eletromagnético**. BrasilEscola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>>. Acesso em 20 nov. 2022.

INSTAARTS. **O que é a temperatura da cor?** InstaArts. Disponível em: <<https://instaarts.com/sem-categoria/o-que-e-a-temperatura-da-cor/>>. Acesso em: 20 nov. 2022.

LOCKLEY, S.W.; ARENDT, J.; SKENE, D.J. **Visual Impairment and circadian rhythm disorders. Dialogues in Clinical Neuroscience**, v. 9 (3), set. 2007. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3202494/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

SOARES, Daniel Henriques César Miranda; CAMPOS, Diego Haji Carvalho; FEU, Weber Hanry Morais e. Simulador de Radiação de Corpo Negro. **Meta: Revista de Mostra Específica de Trabalhos e Aplicações**, Belo Horizonte, v. 26, n. 1, p. 351-357, 12 jan. 2023. Anual. Disponível em: <https://periodicos.cefetmg.br/index.php/revistadameta/issue/view/61>. Acesso em: 12 jan. 2023.

LOPES, João Manuel Brisson. **Cor e Luz**. 2003. 47 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Informática e de Computadores, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2003. Disponível em: <<https://disciplinas.ist.utl.pt/leic-cg/textos/livro/Cor.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2022.

NETO, Egydio Pilotto. **Cor e Iluminação nos Ambientes de Trabalho**. São Paulo: Livraria Ciência e Tecnologia Editora, 1980.

ROCHA, João Carlos. **Cor Luz, Cor Pigmento E Os Sistemas RGB E CMY**. [S.L.]: [S.N], 2010. Disponível em: <<http://www.belasartes.br/revistabelasartes/downloads/artigos/3/cor-luz-cor-pigmento-e-os-sistemas-rgb-e-cmy.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2022.

DAVID DIEZ (org.). **Livro de Probabilidade e Estatística EAD - UFRGS**. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2021.

---

YOUNG, Hugh; FREEDMAN, Roger. **Física IV**. 10. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2004.

DAMASCENO, Robson Timoteo. **Manual do Psicotécnico**. [S. L.]: [S.N.], 2010. Disponível em: < <https://pt.scribd.com/document/530291429/Manual-Psicotecnico-Concurseiro-Robson>>. Acesso em: 02 mai. 2023.