

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Julio Cesar Schemberg Lirio

**DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA ENSINO
DE LUMINOTÉCNICA**

Santa Maria, RS
2021

Julio Cesar Schemberg Lirio

**DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA ENSINO DE
LUMINOTÉCNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Eletricista**.

Orientador: Diego Berlezi Ramos, Drº.

Santa Maria, RS
2021

Julio Cesar Schemberg Lirio

**DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA ENSINO DE
LUMINOTÉCNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Eletricista**.

Aprovado em 29 de janeiro de 2021:

**Diego Berlezi Ramos, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)**

Eduardo Giuliani, Me. (UFSM)

Guilherme Braga, Me. (UFSM)

Santa Maria, RS
2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço à meus pais, Ereni e José, que fizeram de tudo para que o trabalho se realizasse e esse sonho fosse possível.

Ao meu irmão Marco por todas as ideias compartilhadas, ajuda nos momentos difíceis e ensinamentos prestados.

À minha namorada Luiza que esteve junto durante essa caminhada e sempre me apoiou incondicionalmente em todos os momentos da graduação. Você foi fundamental para que esse momento chegasse.

Agradeço aos meus sobrinhos Bianca e Anthony que sempre me lembraram como é bom ser criança.

Aos meu avós pelas histórias de vida, superação e incentivo.

Aos amigos que, longe ou perto, sempre foram de grande importância na minha formação como profissional e desenvolvimento pessoal ao longo dos anos.

Ao professor Diego Berlezi Ramos, pela orientação, disponibilidade e confiança em mim depositada.

Aos colegas que a graduação proporcionou durante essa caminhada. Minha memória vai sempre carregar as histórias desse período tão bom da minha vida.

A todos que, de alguma forma, contribuíram na conclusão dessa jornada.

RESUMO

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA ENSINO DE LUMINOTÉCNICA

AUTOR: JULIO CESAR SCHEMBERG LIRIO

ORIENTADOR: DIEGO BERLEZI RAMOS

Este trabalho introduz o protótipo de uma bancada didática orientada ao ensino dos conceitos fundamentais de luminotécnica para cursos de Engenharia Elétrica. Aborda-se aqui desde a concepção física do protótipo até as metodologias de ensino sugeridas à utilização deste suporte pedagógico para aulas práticas. Durante a atividade de pesquisa, evidencia-se a necessidade de revisão da forma com que os conceitos de luminotécnica são abordados em sala de aula. Esta análise é significativa devido ao fato de que, recentemente, o Ministério da Educação editou as novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN's) para os cursos de engenharia. Em vista disso, sugere-se a utilização da bancada como um meio complementar para a compreensão dos parâmetros de projetos luminotécnicos. Como resultado, para aplicar esta bancada em uma sala de aula, elaborou-se uma estratégia de ensino que adota Metodologias Ativas a partir dos conceitos de Sala de Aula Invertida e Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL).

Palavras-chave: Bancada didática, luminotécnica, Metodologias Ativas, Sala de Aula Invertida, Aprendizagem Baseada em Problemas.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A DIDACTIC BENCH FOR THE TEACHING OF LUMINOTECHNICS

AUTHOR: JULIO CESAR SCHEMBERG LIRIO

ADVISOR: DIEGO BERLEZI RAMOS

This paper introduces the prototype of a didactic bench aimed at teaching the fundamental concepts of lighting technology for Electrical Engineering courses. The approach reaches from the physical design of the prototype to the teaching methodologies suggested for the use of this pedagogical support for practical classes. During the research activity, there is a need to review the way in which the concepts of lighting technology are addressed in the classroom. This analysis is significant due to the fact that, recently, the Ministério da Educação issued the new Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN's) for engineering courses. In view of this, it is suggested the use of the bench as a complementary means for understanding the parameters of lighting projects. As a result, to apply this bench in a classroom, a teaching strategy was developed that adopts Active Methodologies based on the concepts of Inverted Classroom and Problem-Based Learning (PBL).

Keywords: Didactic bench. Luminotechnics. Active methodologies. Flipped classroom. Problem-Based Learning. PBL.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Os três momentos da Sala de Aula invertida.	19
Figura 2 – Mapa do posicionamento do luxímetro para aquisição de dados.....	23
Figura 3 – Corpo da bancada.....	26
Figura 4 – Projeto da Bancada Luminotécnica.....	27
Figura 5 – Bancada Luminotécnica montada.	28
Figura 6 – Ensaio de iluminância.	30
Figura 7 – Ensaio de medição de iluminância com variação de altura.....	31
Figura 8 – Ensaio de medição de iluminância com variação de ângulo.....	32
Figura 9 – Bancada luminotécnica simulada no DIALux™.	33
Figura 10 – Curvas isométricas do anteparo inferior (esquerda) e lateral (direita).	34
Figura 11 – Níveis de iluminação da bancada nos ensaios de iluminância (esquerda) e de iluminância com variação de altura (direita).	35
Figura 12 – Curvas isométricas (esquerda) e diagrama de falsas cores (direita).	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados do ensaio de iluminância.....	30
Tabela 2 – Resultados do ensaio de medição de iluminância com variação de altura.	31
Tabela 3 – Resultados do ensaio de medição de iluminância com variação de ângulo.	32
Tabela 4 – Comparativo dos resultados do ensaio de medição da iluminância.	34
Tabela 5 – Comparativo dos resultados do ensaio de medição de iluminância com variação de altura.	35
Tabela 6 – Comparativo dos resultados do ensaio de medição de iluminância com variação de ângulo.	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
IESNA	Illuminating Engineering Society of North America
LED	Light Emitting Diode
MA	Metodologias Ativas
PBL	Problem Based Learning
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	11
1.2 MOTIVAÇÃO.....	12
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 Objetivo geral.....	12
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 O CENÁRIO ATUAL DO ENSINO DE ENGENHARIA	14
2.1.1 O ensino de luminotécnica	15
2.2 DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS (DCN).....	15
2.3 METODOLOGIAS ATIVAS (MA).....	17
2.4 SALA DE AULA INVERTIDA	18
2.4.1 Os três momentos da sala de aula invertida.....	19
2.4.2 Aprendizagem Baseada em problemas (PBL)	20
2.5 O USO DE BANCADAS DIDÁTICAS	20
2.6 CONCEITOS BÁSICOS DE LUMINOTÉCNICA A SEREM APRESENTADOS AOS ESTUDANTES	21
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 MÉTODOS UTILIZADOS	24
3.2 PROPOSTA DE AULA PRÁTICA DE LUMINOTÉCNICA	24
3.3 PROJETO DA BANCADA.....	24
3.3.1 Base da bancada	25
3.3.2 Estrutura da luminária	25
3.3.3 Corpo da bancada.....	25
3.3.4 Bancada montada	26
3.4 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	27
4 DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL.....	29
4.1 DESENVOLVIMENTO DA AULA PRÁTICA.....	29
4.2 MOMENTO PRÉ-AULA.....	29
4.3 MOMENTO AULA	29
4.3.1 Ensaios sugeridos.....	30
4.4 MOMENTO PÓS-AULA.....	32
4.4.1 Simulações	33
4.5 CONCLUSÕES PARCIAIS.....	36
5 CONCLUSÃO.....	37
5.1 PROPOSTA DE ESTUDOS FUTUROS	37
6 REFERÊNCIAS	39
ANEXOS	40

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Ao se observar os cursos de ciências exatas, como nas engenharias, destaca-se a predominância de aulas expositivas que visam a resolução de exercícios com problemas padronizados em relação ao que se ensina. Ao usar este método de ensino tradicional, os docentes muitas vezes não adotam experimentos práticos em determinados tópicos (ARAÚJO et al., 2017), eventualmente motivados pela falta de infraestrutura.

A formação do engenheiro não deve se dar apenas a partir de formulações e conceitos matemáticos teóricos. Esta deve contemplar um preparo para tomada de decisões, pesquisa de informações e suas aplicações e uma visão sistêmica para solução de problemas (CARVALHO, 2001). Além dos aspectos técnicos, a formação deve dar conta que o engenheiro esteja engajado aos valores humanos, conceitos éticos e estar familiarizado com o que será exigido no mercado de trabalho (BARBOSA, 2014).

Num contexto geral, o ensino de engenharia vincula-se à utilização de equipamentos tecnológicos, sendo a partir de simulações de computador, manipulação de equações por meio de calculadoras, entre outras ferramentas. Esse tipo de manuseio faz com que esses cursos tenham como público pessoas que se identificariam com o manuseio de dispositivos tecnológicos. Portanto, a utilização de ferramentas e dispositivos de ensino prático não acarretaria em problemas de adaptação vindos dos alunos de engenharia (FREITAS, 2017).

No decorrer da disciplina de Instalações Elétricas, percebe-se que os alunos conseguem compreender o desenvolvimento matemático necessário à realização das atividades sem demonstrar dificuldades significativas. Após concluir a disciplina, os estudantes têm a capacidade de realizar diversos projetos de iluminação. Todavia, não são totalmente hábeis ao demonstrar a compreensão ampla dos resultados do projeto luminotécnico, no que diz respeito ao atendimento às especificidades técnicas das instalações e as necessidades psicofisiológicas dos usuários (FREITAS, 2017).

Tendo em vista o que foi analisado, percebe-se a necessidade de uma proposta que permita aprimorar o ensino e aprendizado de luminotécnica nos cursos de engenharia. Para esse fim, este estudo apresenta o projeto e a construção de uma bancada para ensino de luminotécnica, visando fixar os conceitos apresentados em sala de aula, acarretando em um aprendizado amplo a partir de experimentos práticos. O projeto seguirá uma metodologia a ser apresentada, onde será especificado o projeto da bancada, a obtenção de resultados através de

simulação em software, construção do protótipo, elaboração de testes práticos e propostas para atividades em sala de aula.

1.2 MOTIVAÇÃO

Conforme (BARBOSA, 2014) um dos objetivos do ensino na engenharia é tornar possível um aprendizado significativo, contextualizado e orientado ao uso de tecnologias contemporâneas. Além de exercitar características da inteligência, tornando o aluno em engenharia um profissional capaz de resolver problemas e conduzir projetos nos mais variados ramos de produção.

Segundo Carvalho (2001), para uma formação que contemple diversas competências, utilizam-se de ferramentas de ensino que tem como objetivo envolver o aluno de Engenharia diretamente com os fenômenos com os quais está lidando. Tendo como objetivo esse tipo de relação, é muito comum em algumas disciplinas dos cursos de Engenharia a utilização de aulas práticas em laboratório (BARBOSA, 2014).

Atuar em laboratórios na Engenharia também oferece aos estudantes oportunidades para validar conceitos, exercer o trabalho colaborativo, interagir com equipamentos, aprender por tentativa e erro, executar análises em dados experimentais e como operar ferramentas e equipamentos com segurança (RAZALI, 2008).

Com isso, através da experimentação prática, oferece-se uma alternativa ao ensino do campo da luminotécnica nos cursos de engenharia, visando um aprendizado mais próximo do que se observa no mundo real. Assim, além de complementar o que é trabalhado em sala de aula, este trabalho visa introduzir algumas mudanças na maneira com que se é ensinada a disciplina, trazendo o aluno para um ambiente diferente do habitual.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Produzir uma bancada de testes como recurso didático complementar ao ensino dos conceitos básicos de luminotécnica.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estudar os métodos vigentes no ensino de luminotécnica.

- Projetar um protótipo de bancada baseada nas necessidades de inovação no ensino de luminotécnica.
- Construir um protótipo físico para demonstração.
- Propor atividades para utilização da bancada em sala de aula.
- Investigar os benefícios das metodologias alternativas de ensino.
- Simular, através do software DIALux™, as características esperadas do protótipo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica referente aos assuntos abordados no trabalho. Inicialmente, analisa-se o cenário atual do ensino da engenharia, além da maneira com que alternativas de ensino podem contribuir na formação do acadêmico de engenharia. Após isso, contextualiza-se a necessidade de novas abordagens no ensino dos conceitos básicos de luminotécnica.

2.1 O CENÁRIO ATUAL DO ENSINO DE ENGENHARIA

Para a formação de um profissional completo segundo os moldes sociais da atualidade, o ensino de engenharia deve se relacionar com a utilização de sistemas capazes de promover uma formação que se atualiza juntamente com a tecnologia e mudanças significativas da sociedade. Com o rápido acesso a informações e a produção científica cada vez mais acelerada, o profissional de engenharia necessita ser dinâmico, adaptável e flexível. Essa necessidade causou um impacto direto nos métodos de ensino e preparo das instituições que formam engenheiros em todo o mundo (KURI, 2004; BARBOSA, 2014).

Além das dificuldades encontradas com a chegada de novos tempos, as metodologias de ensino mais tradicionais, utilizadas nas faculdades de engenharia, resultam em problemas como a baixa motivação dos alunos, reprovações, aumento dos índices de evasão e diminuição do aproveitamento escolar (BARBOSA, 2014). De acordo com Ferreira Filho (2008), em determinados casos, essas metodologias não são eficientes em apresentar conceitos de determinada disciplina e correlacionar os mesmos com o restante da grade.

Segundo Ferreira Filho (2008), nos primeiros anos de curso o aluno deveria utilizar do estudo autônomo e continuado, com uma base teórica bastante estabelecida e com uma relação interdisciplinar efetiva, com a inclusão de teoria e prática. Um cenário que não se apresenta a partir da utilização das metodologias de ensino tradicionais.

O que é perceptível, no fim das contas, é que a metodologia de ensino que se baseia na transmissão e recepção de informações em sala de aula tem data de validade e que o desenvolvimento de alternativas pedagógicas são necessárias. Como pondera Kuri (2004), é possível descrever o momento atual como um ponto onde os métodos de ensino antigos estão desatualizados e os novos estão em processo de desenvolvimento.

2.1.1 O ensino de luminotécnica

Segundo Freitas (2017), em uma definição geral, o ensino de luminotécnica procura capacitar um profissional a compreender as características científicas, técnicas e qualitativas do espectro da luz visível, de maneira que a qualidade da iluminação contemple o conforto e a saúde do usuário. O que se observa durante no processo de ensino é que, na maioria das vezes, esses assuntos são abordados apenas com a fala do professor em sala de aula, sem a utilização de metodologias que possam aumentar a eficiência do processo de ensino (FREITAS, 2017; LUTHER, 1997).

Para complementar o que é estudado em sala de aula, é possível a utilização de ferramentas de suporte pedagógico, como as aulas práticas. Uma vez que o entendimento dos princípios de luminotécnica pode vir através da aplicação de simulações em *software* e experimentos em laboratório (FREITAS, 2017; LUTHER, 1997). Segundo Luther (1997), os alunos demonstram mais interesse em entender o conceito por trás de um efeito de iluminação, se tiverem à mão dados colhidos em experimentos práticos.

Trabalhar com ferramentas de suporte pedagógico, como as aulas em laboratório, além de acrescentar ao ensino, despertam a curiosidade do aluno. Segundo Luther (1997), o interesse pela pesquisa começa quando os alunos combinam análises feitas em computador com seus resultados práticos medidos. Ambas as ferramentas, simulação e aula prática, aumentam o aprendizado do aluno, ensinando princípios, mantendo o interesse e levando a uma investigação mais aprofundada sobre o assunto da iluminação (FREITAS, 2017; LUTHER, 1997).

Analisando os benefícios trazidos ao se trabalhar com alternativas de ensino, percebe-se uma grande demanda no ensino de luminotécnica, uma vez que o conteúdo apresentado é raramente complementado por procedimentos práticos, afastando o manuseio e o contato físico do aluno com os conceitos trabalhados.

2.2 DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS

As instituições de ensino superior, ainda que autônomas, devem cumprir requisitos predefinidos na formação de seus profissionais. Ou seja, o estudante se forma tendo como base fundamentos estabelecidos através das políticas curriculares. No Brasil, as políticas curriculares para o ensino superior constituem as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para a graduação (RODRIGUES, 2014).

Segundo as novas DCN's do Curso de Graduação em Engenharia, instituída pela Resolução nº 2, de 26 de abril de 2019, em seu Art. 4º, algumas das competências gerais que o curso de graduação em Engenharia deve proporcionar aos seus egressos são as seguintes (MINISTERIO DA EDUCAÇÃO, 2019):

O curso de graduação em Engenharia deve proporcionar aos seus egressos, ao longo da formação, as seguintes competências gerais:

I - formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto [...].

II - analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação [...].

III - conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos [...].

IV - implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia [...].

V - comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica [...].

VI - trabalhar e liderar equipes multidisciplinares [...].

VII - conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão [...]. e

VIII - aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação [...].

Parágrafo único. Além das competências gerais, devem ser agregadas as competências específicas de acordo com a habilitação ou com a ênfase do curso.

Observa-se que as DCN's destacam uma série de habilidades e características que precisam ser contempladas no desenvolvimento do profissional de engenharia. Para esse fim, as DCN's são bem claras quanto à flexibilidade do currículo, permitindo que o corpo docente seja atualizado das metodologias pedagógicas como destaca em seu Art. 14º, parágrafo 1º (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2019):

§ 1º O curso de graduação em Engenharia deve manter permanente Programa de Formação e Desenvolvimento do seu corpo docente, com vistas à valorização da atividade de ensino, ao maior envolvimento dos professores com o Projeto Pedagógico do Curso e ao seu aprimoramento em relação à proposta formativa, contida no Projeto Pedagógico, por meio do domínio conceitual e pedagógico, que englobe estratégias de ensino ativas, pautadas em práticas interdisciplinares, de modo que assumam maior compromisso com o desenvolvimento das competências desejadas nos egressos.

Com base no que foi apresentado até aqui, destaca-se uma necessidade de utilização de alternativas pedagógicas para aplicação das DCN's na formação do egresso, bem como o desenvolvimento do corpo docente. A seção seguinte visa detalhar sugestões de metodologias ativas para cumprimento dos objetivos pretendidos nesta pesquisa.

2.3 METODOLOGIAS ATIVAS

Com a necessidade de atenuar as diferenças entre a formação técnica de um estudante e sua formação como ser humano, alternativas que melhoram as condições de aprendizagem sempre foram muito importantes. Se o objetivo do ensino é gerar compreensão, os educadores devem se distanciar de métodos como a memorização mecânica de conceitos, que acarretam em um aprendizado superficial, e trabalhar em direção de um conhecimento aprofundado, onde a compreensão é desenvolvida por meio de processos ativos e construtivos (MORÁN, 2015; FREITAS, 2017; ARAUJO *et al.*, 2017; BONWELL, 1991).

Neste contexto surgem as metodologias denominadas ativas, que podem ser definidas como uma gama de alternativas pedagógicas que tornam o aluno o protagonista do processo de ensino, trabalhando o envolvimento no aprendizado pela investigação e resolução de problemas. Uma maneira que difere da abordagem tradicional de sala de aula, onde o foco é no professor, este responsável por toda a transmissão de conhecimento (ARAUJO, *et al.* 2017; VILLAS-BOAS, 2011).

Segundo Bonwell (1991), em uma utilização de Metodologias Ativas (MA), os alunos devem realizar tarefas com complexidade de raciocínio de ordem superior, como análise, síntese e avaliação. O que se observa é que as metodologias que promovem aprendizagem ativa têm o objetivo de incentivar o aluno a realizar tarefas e pensar sobre o que está sendo feito (BONWELL, 1991; VALENTE, 2013). Esses métodos abrangem muitas estratégias, como aprendizagem colaborativa, aprendizagem cooperativa e a aprendizagem baseada em problemas (VALENTE, 2013; PRINCE, 2014).

Ressalta-se que o processo de aprendizado é único e diferente para cada indivíduo. Então, a aplicação das MA não busca uma absorção plena de conhecimento por parte dos alunos, e sim trabalhar com um ambiente adequado ao desenvolvimento, de maneira que o estudante desenvolva sua capacidade de aprendizado ao máximo, e possa adquirir as competências tanto humanas quanto técnicas necessárias a um engenheiro (VILLAS-BOAS, 2011; BACICH, 2018).

No contexto deste trabalho, as MA se mostram como opção de ensino quando trabalham com aulas expositivas, planejadas pelo professor e tendo o aluno como protagonista (FREITAS, 2017). Levando em conta o potencial de aplicação dessas estratégias nos cursos de engenharia, as seções seguintes descreverão algumas propostas que podem ser aplicadas na utilização da bancada didática proposta aqui.

2.4 SALA DE AULA INVERTIDA

A sala de aula invertida ou do inglês *flipped learning* ou *flipped classroom* é um modelo pedagógico em que as atividades em sala de aula se invertem com as atividades que o estudante normalmente desenvolveria em casa (KERR, 2015; AKÇAYIR, 2018). O professor não atua como única fonte de informações. Assim, os alunos se tornam responsáveis por seu próprio avanço e devem controlar seu próprio ritmo de aprendizagem. A fala do professor em sala de aula é geralmente substituída por uma instrução direcionada ao aluno de maneira individual, e o tempo da aula presencial é gasto em atividades mais interativas, muitas vezes em grupos. Isso possibilita uma discussão ampla dos conceitos, além da resolução de problemas (KERR, 2015; AKÇAYIR, 2018).

Como pondera Abeysekera (2015), essa metodologia vai além de uma simples inversão do modelo tradicional e pode assumir muitas formas. Uma estratégia que pode ser utilizada é quando o instrutor direciona os alunos para uma aula prática, para mostrar aos alunos conceitos específicos a partir do que foi estudado em casa. Na aula propriamente dita, o instrutor atua como um facilitador para os alunos, que se envolvem em uma série de atividades de resolução de problemas, que os obrigam a aplicar o conhecimento que adquiriram ao fazer seus estudos em casa (EYBERS, 2016).

A aprendizagem invertida pode ser aplicada na prática com base em quatro pilares fundamentais, (FLIPPED LEARNING NETWORK, 2014) que são:

1) Ambiente Flexível:

Na aplicação da sala de aula invertida, cabe ao professor flexibilizar o espaço físico da sala de aula para execução de trabalhos, tanto em grupo, quanto individuais. Além disso, o educador deve criar condições para que a expectativa tempo de avaliação fique a cargo do estudante, tornando ele responsável por quando e onde aprender;

2) Cultura de Aprendizado:

No modelo tradicional de ensino o professor é quem define o que o aluno deve aprender. Isso difere da proposta da sala de aula invertida, que torna o processo de ensino centrado no estudante. O tempo de sala de aula é dedicado a explorar tópicos com maior profundidade, permitindo aos estudantes se envolver ativamente na construção do conhecimento, o objetivo é criar condições onde o estudante aprecia o ato de aprender;

3) Conteúdo Intencional:

No que diz respeito ao conteúdo ministrado, o professor escolhe com cuidado o que ensinar e quais os recursos disponibilizados para os estudantes explorarem. O objetivo é

maximizar as oportunidades de aprendizagem. No momento de sala de aula, o conteúdo pode ser trabalhado, por meio de estratégias e métodos de aprendizagem ativa, acarretando em um maior aproveitamento de tempo e tornando o estudante o protagonista do processo;

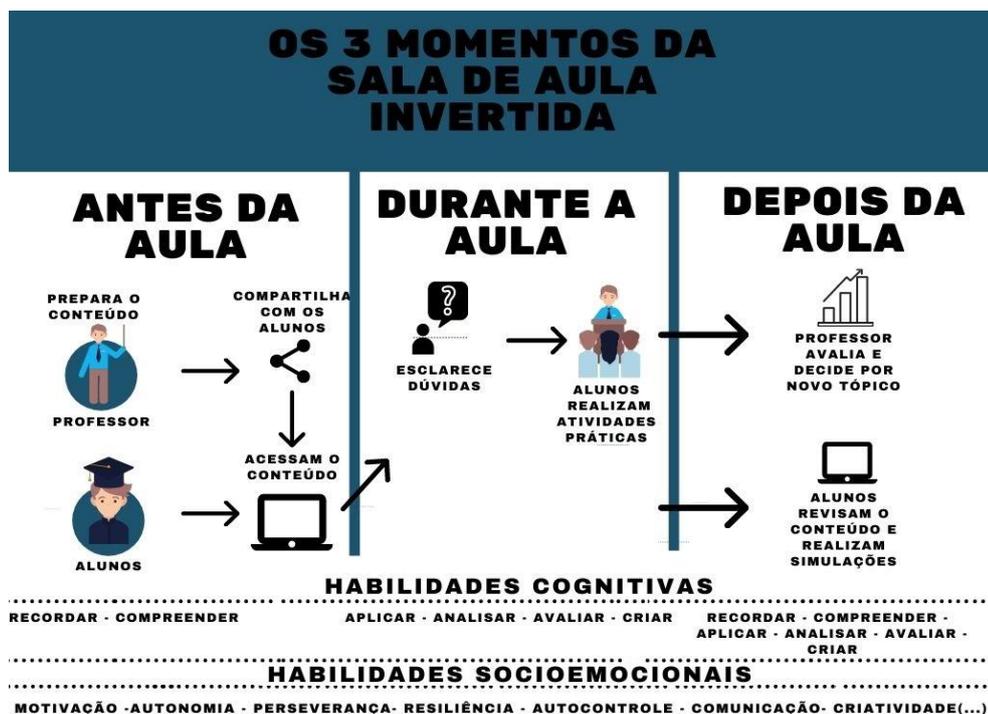
4) Educador Profissional:

As funções do educador ganham relevância ainda maior em ambientes de sala de aula invertida. Durante a aula o professor observa continuamente os estudantes, dando feedbacks quando necessário e avalia o trabalho desenvolvido. Para que a metodologia funcione, o educador precisa lidar com um certo nível de caos controlado em sala de aula, tornando o profissionalismo um fator importante (FLIPPED LEARNING NETWORK, 2014).

2.4.1 Os três momentos da sala de aula invertida

Segundo Schmitz (2016), a sala de aula invertida visa destinar mais tempo em sala de aula para aplicações dos conceitos estudados fora da sala, além do desenvolvimento de habilidades cognitivas e socioemocionais do estudante. Além disso, para trabalhar com a sala de aula invertida, o professor pode seguir um esquema básico em que ele separa o processo de aprendizado em três momentos (SCHMITZ, 2016), que são apresentados na Figura 1.

Figura 1– Os três momentos da Sala de Aula invertida.



Fonte: Adaptado de (SCHMITZ, 2016).

2.4.2 Aprendizagem Baseada em problemas

A metodologia de aprendizagem baseada em problemas ou PBL (*Problem Based Learning*) é uma estratégia que centraliza o aprendizado no estudante. Nesta metodologia, os estudantes aprendem resolvendo problemas e refletindo sobre suas experiências. O PBL é adequado para ajudar os alunos a se tornarem alunos ativos porque situa a aprendizagem em problemas do mundo real e torna os alunos responsáveis por sua aprendizagem (SILVEIRA, 2018; HMELO-SILVER, 2004).

Segundo Wood (2003), ao participarem de um processo de PBL os alunos usam dos “gatilhos” provocados pelos problemas propostos para definir seus próprios objetivos de aprendizagem. Em um primeiro momento, os estudantes atuam de forma independente, estudando o que foi proposto antes de trabalhar em grupos para discutir e refinar os conhecimentos adquiridos. Assim, a PBL não se trata apenas da resolução de problemas, mas também da utilização dos problemas como uma ferramenta para o estudante identificar como e o que ele necessita aprender para aumentar a compreensão em determinado conceito (SILVEIRA, 2018; WOOD, 2003).

Essa estratégia também é colocada em prática propondo aos alunos que trabalhem em equipes. Eles analisam o problema, identificando os fatos relevantes do cenário proposto. Como pondera Villas-Boas (2011), conforme os alunos entendem melhor o problema, eles geram hipóteses sobre possíveis soluções, além das maneiras de pesquisar novas informações que podem levar à resolução do problema. Neste contexto, o professor tem o papel de facilitador, responsável pelo material de estudos, estrutura adequada, fazer perguntas, conduzir as discussões, bem como planejar as avaliações dos estudantes (VILLAS-BOAS, 2011; HMELO-SILVER, 2004).

O objetivo final do PBL é ajudar os alunos a se tornarem intrinsecamente motivados. A motivação intrínseca ocorre quando os alunos trabalham em uma tarefa motivados por seus próprios interesses, desafios ou sensação de satisfação (HMELO-SILVER, 2004). Criar um problema que possa interessar uma turma de estudantes de engenharia pode ser uma tarefa facilitada pelo fato de que todos compartilham o objetivo intrínseco de se tornarem engenheiros.

2.5 O USO DE BANCADAS DIDÁTICAS

Segundo Amorim (2006), bancadas didáticas ou experimentais são ferramentas utilizadas na validação de modelos teóricos, trabalhando de maneira prática o que é visto em sala

de aula. Além de simular condições reais de funcionamento nos mais variados sistemas, as bancadas didáticas são amplamente utilizadas como um método de desenvolvimento de projetos. O uso das bancadas propicia aos alunos uma nova visão dos conceitos trabalhados, facilitando a compreensão dos modelos matemáticos utilizados, tendo como consequência um aprendizado mais completo e eficiente (AMORIM, 2006).

A maioria dos professores opta pela utilização de *softwares* como alternativa ao ensino tradicional, o que é uma possibilidade bastante interessante, tendo em vista que os *softwares* são poderosas ferramentas usadas nos cursos de engenharia para simulação e desenvolvimento de projetos. Porém quanto mais completo o *software*, maiores as dificuldades encontradas pelos alunos na hora da utilização. Dessa forma, as bancadas didáticas têm um papel fundamental para formação prática do engenheiro, de maneira que oferecem um contato de fácil manuseio com o que está sendo estudado, além de resultados que não contam com as idealidades físicas dos materiais utilizados, refletindo com mais fidelidade uma aplicação real do que está sendo estudado (DOS SANTOS SILVEIRA, 2018).

Um dos pontos que pode ser destacado é questão econômica no desenvolvimento de uma bancada didática, de modo que essa ferramenta conta com uma ótima relação custo benefício. Portanto, desenvolver equipamentos didáticos eficientes, com custo que se enquadra com a capacidade de investimento das universidades, é uma alternativa viável para uma melhora na aprendizagem dos atuais cursos de engenharia (AMORIM, 2006).

Considerando que as aulas práticas devem estar aliadas a uma maneira alternativa de se trabalhar em sala de aula, facilitando a relação do professor com o aluno, e conseqüentemente otimizando o aprendizado, é possível analisar os benefícios das alternativas de ensino a partir do desenvolvimento de uma bancada didática para ensino de luminotécnica.

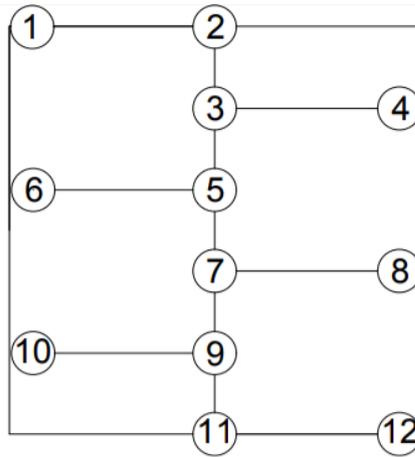
2.6 CONCEITOS BÁSICOS DE LUMINOTÉCNICA A SEREM APRESENTADOS AOS ESTUDANTES

Para entendimento e realização de ensaios com a bancada luminotécnica apresentada nesse trabalho, alguns conceitos simples são introduzidos a seguir:

- a) Fluxo luminoso: relaciona-se à potência de radiação total emitida em todas as direções por uma fonte de luz, ou seja, é a quantidade de luz irradiada que é percebida pelo olho humano, tem como unidade o lúmen (*lm*) de símbolo (φ) (RODRIGUES, 2002).

- b) Iluminância: grandeza que relaciona a quantidade de fluxo luminoso que atinge determinada superfície e a área da mesma, ou seja, pode ser definida como a quantidade de luz que chega em determinado ponto (LUZ, 2007). O símbolo da iluminância é o (E) e sua unidade é o lux (lx). Um lux corresponde à iluminância de uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen (RODRIGUES, 2002).
- c) Luxímetro: equipamento capaz de mensurar a iluminância em uma superfície. Através da coleta de dados utilizando do luxímetro é possível obter a iluminância média de determinado anteparo (FREITAS, 2017).
- d) Leis de Lambert: segundo Neto (1980), o conceito das leis da luminotécnica, enunciadas por Lambert são:
- A iluminância é diretamente proporcional à intensidade da fonte;
 - A iluminância é inversamente proporcional ao quadrado da distância da fonte à superfície;
 - A iluminância é diretamente proporcional ao cosseno do ângulo que a normal à superfície de incidência forma com a direção do raio luminoso incidente (NETO, 1980).
- e) Curva isométrica: É a representação gráfica de como a luz se distribui no espaço, a partir de um diagrama onde a lâmpada ou luminária é reduzida a um ponto e dela se originam vetores que representam a intensidade luminosa em suas respectivas direções (LUZ, 2007).
- f) Segundo a *Illuminating Engineering Society Of North America* (IESNA), para a medição da iluminância média, o luxímetro é posicionado em diferentes pontos do ambiente de estudo, onde são feitas diversas medições, sendo uma ao centro e outra na extremidade, alternando os lados. Um mapa do posicionamento do luxímetro para aquisição de dados é representado na Figura 2. A iluminância média é obtida através da média aritmética dos dados obtidos em cada um dos pontos.

Figura 2– Mapa do posicionamento do luxímetro para aquisição de dados.



Fonte: Autor.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta o desenvolvimento metodológico adotado no trabalho. Aqui são especificados os conceitos trabalhados na aplicação, a idealização das características da bancada e a projeção de cenários de utilização em sala de aula.

3.1 MÉTODOS UTILIZADOS

A metodologia utilizada para estruturar este trabalho é descrita, de maneira sumarizada, pelos seguintes tópicos:

- Analisar a bibliografia necessária no desenvolvimento de uma aula experimental.
- Projetar a estrutura física de uma bancada didática para ensino de luminotécnica.
- Projetar uma sequência didática a partir de metodologias ativas para aplicação prática de bancada.
- Definir os tipos de ensaios que serão desenvolvidos com a bancada.
- Realizar a construção do protótipo.
- Simular o projeto da bancada através do software DIALux™.
- Definir os componentes e materiais necessários no desenvolvimento do projeto.
- Analisar os resultados.

3.2 PROPOSTA DE AULA PRÁTICA DE LUMINOTÉCNICA

A aula prática de luminotécnica proposta neste estudo contará com o uso do protótipo de uma bancada luminotécnica a ser desenvolvida e implementada com o suporte pedagógico de metodologias ativas. A metodologia pedagógica escolhida para utilização da bancada será a de sala de aula invertida, com uma estratégia PBL (Problem Based Learning).

3.3 PROJETO DA BANCADA

A partir dos conceitos teóricos apresentados nas aulas expositivas de Instalações Elétricas, definem-se as características necessárias a serem exploradas com o uso da bancada a ser desenvolvida. Esta bancada deve possibilitar a operação por acadêmicos da UFSM e o uso no ensino de alguns dos principais conceitos de luminotécnica trabalhados em sala de aula. A

partir da idealização de um modelo de bancada que possibilite trabalhar esses conceitos, iniciou-se o projeto.

Para simplificar o processo de construção, a bancada foi separada em três partes principais, compostas por: base da bancada, estrutura da luminária e o corpo da bancada. A idealização de cada uma das partes é apresentada a seguir e as informações relacionadas à medidas e materiais utilizados no projeto estão presentes no Anexo I deste trabalho.

3.3.1 Base da bancada

A base da bancada foi idealizada de maneira que sustente e possibilite o anexo do corpo desta e da estrutura da luminária, que serão descritas a seguir. Ela é composta por hastes de madeira que formarão uma estrutura simples e resistente, com objetivo de trazer estabilidade à bancada. As medidas e detalhes do projeto estão presentes no Anexo I deste trabalho.

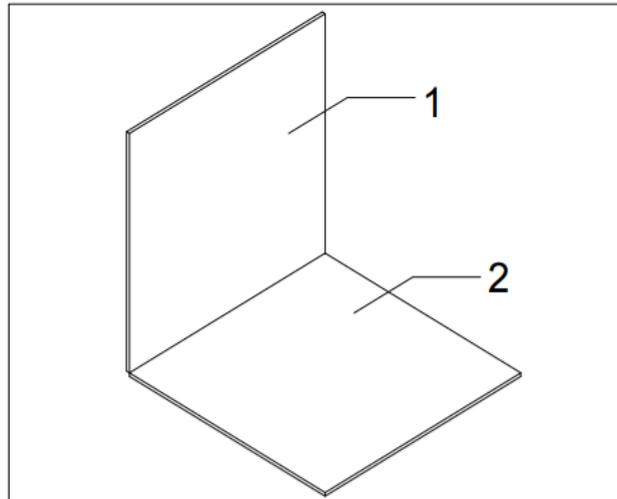
3.3.2 Estrutura da luminária

A estrutura da luminária é fixada à base. Essa estrutura é uma composição de dois tipos de eletroduto, que têm como finalidade, além da passagem dos condutores, a mudança na altura da luminária. Essa mudança de altura é possibilitada através de perfurações nesses eletrodutos, que indicam os possíveis níveis de altura em que a luminária pode trabalhar. Uma vez definida a altura, um pino pode ser colocado entre as perfurações de maneira a transpassar ambos eletrodutos, fixando a estrutura. A luminária pode ser rotacionada, possibilitando experimentos com diferentes ângulos de direcionamento da luz.

3.3.3 Corpo da bancada

O corpo da bancada é construído conforme indicado na Figura 3. Este é composto de duas placas de madeira pintadas na cor branca. Elas serão fixadas na base, dispostas de maneira a formar um ângulo de 90° entre si. Para distinção, as placas são nomeadas de anteparo lateral e anteparo inferior, representados na Figura 3 pelos números 1 e 2, respectivamente.

Figura 3– Corpo da bancada.

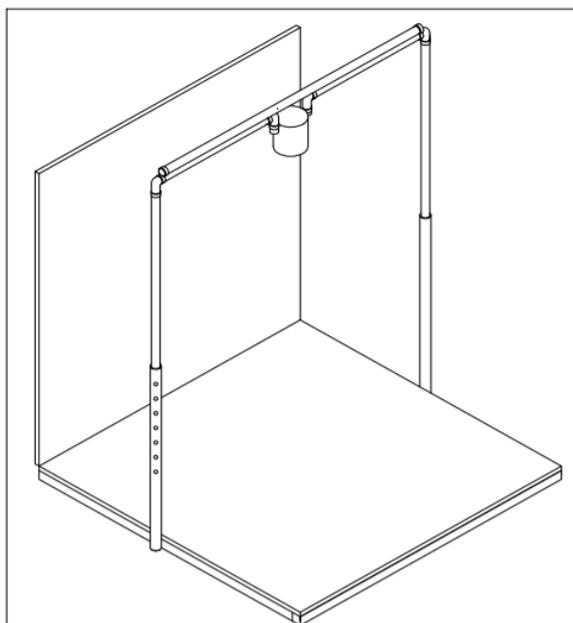


Fonte: Autor.

3.3.4 Bancada montada

A Figura 4 demonstra o projeto geral da estrutura da bancada a partir da montagem das três partes. Observa-se que a luminária, intencionalmente, é fixada em um ponto intermediário e tem seu plano inferior paralelo ao anteparo inferior da bancada. Neste protótipo optou-se pelo uso de uma luminária com uma característica de dispersão simétrica do fluxo luminoso, ao longo dos eixos $C0^\circ - 180^\circ$ e $C90^\circ - 270^\circ$.

Figura 4– Projeto da Bancada Luminotécnica.



Fonte: Autor.

3.4 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

A partir da idealização do projeto, foi realizada a construção do protótipo. Os detalhes da construção são apresentados no Anexo II. A Figura 5 apresenta a bancada luminotécnica montada. Nota-se que, o foco da luminária é direcionado ao centro do anteparo inferior. Isto é realizado com o intuito de conceder simetria às medições realizadas em laboratório pelos alunos.

Figura 5– Bancada Luminotécnica montada.



Fonte: Autor.

4 DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

Com base no que foi apresentado, a proposta de aprendizagem ativa é desenvolvida e seus resultados são apresentados nesse capítulo. São definidas as estratégias utilizadas, bem como os ensaios propostos para utilização da bancada e as suas respectivas simulações em *software*.

4.1 DESENVOLVIMENTO DA AULA PRÁTICA

A utilização da bancada luminotécnica em sala de aula se dará a partir do desenvolvimento da metodologia de sala de aula invertida. Como apresentado anteriormente, uma estrutura básica de sala de aula invertida pode ser descrita em três momentos: momento pré-aula, momento aula e momento pós-aula. Este capítulo desenvolve cada um dos momentos citados, apresentando as estratégias necessárias para aplicação da metodologia.

4.2 MOMENTO PRÉ-AULA

Aqui o professor apresenta os meios necessários para que os alunos estudem os conceitos básicos de luminotécnica. O que se propõe é o fornecimento de um material teórico para leitura. Este deve contemplar o que será necessário ao entendimento do experimento com a bancada. O material proposto pode ser visualizado no Anexo III deste trabalho.

O aluno estudará previamente o material, chegando em sala de aula com um conhecimento básico sobre o conceito trabalhado.

4.3 MOMENTO AULA

No momento da aula o professor aplica o PBL a partir de um desafio aos alunos. A tarefa dos estudantes nesse desafio é, em grupo, observar a bancada luminotécnica, relacionar a mesma com os conceitos estudados antes da aula e propor ensaios que coloquem em prática esses conceitos. Os resultados do desafio devem ser observados a partir da execução dos ensaios na bancada prática.

A partir dos ensaios realizados, o professor deve discutir os resultados com os alunos e esclarecer as dúvidas que surgirem. Utilizando o protótipo da bancada, alguns dos ensaios que podem ser propostos pelos alunos são apresentados no tópico a seguir.

4.3.1 Ensaios sugeridos

1) Ensaio de medição de iluminância:

Na execução desse ensaio é feita a medição da iluminância em diferentes pontos da bancada com um luxímetro. A ideia é trabalhar o conceito da iluminância a partir da coleta de dados e observar se o comportamento corresponde com o que foi estudando antes da aula. A Figura 6 apresenta um exemplo desse ensaio, onde a lâmpada é posicionada a 1 metro de altura, sem nenhuma alteração de ângulo.

Figura 6– Ensaio de iluminância.



Fonte: Autor.

A iluminância média é obtida através da média aritmética dos dados obtidos em cada um dos anteparos e os resultados do experimento são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1– Resultados do ensaio de iluminância.

Anteparo	Iluminância média
Inferior	235,8 lux
Lateral	71,1 lux

Fonte: Autor

2) Ensaio de medição de iluminância com variação de altura:

O projeto da bancada foi idealizado de maneira que permitisse diferentes movimentos da luminária, possibilitando variações tanto na altura como na inclinação da fonte luminosa em relação ao corpo da bancada. A partir dessa dinâmica, mede-se a iluminância variando a altura da luminária.

A exemplificação do ensaio pode ser observada na Figura 7, onde a lâmpada foi posicionada a 0,90 metros de altura, com seu eixo normal ao plano horizontal. Utilizando da mesma estratégia de medição de iluminância do experimento anterior, os resultados são apresentados na Tabela 2.

Figura 7– Ensaio de medição de iluminância com variação de altura.



Fonte: Autor.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de medição de iluminância com variação de altura.

Anteparo	Iluminância média
Inferior	246,3 lux
Lateral	64,6 lux

Fonte: Autor

3) Ensaio de medição de iluminância com variação de ângulo:

Esse ensaio é realizado com a medição da iluminância variando o ângulo da luminária em relação ao seu eixo vertical. A Figura 8 apresenta um exemplo desse ensaio, onde a lâmpada

foi posicionada a 1 metro de altura, com uma variação de ângulo de 30° em relação à normal do anteparo inferior. Os resultados do experimento são apresentados na Tabela 3.

Figura 8– Ensaio de medição de iluminância com variação de ângulo.



Fonte: Autor.

Tabela 3– Resultados do ensaio de medição de iluminância com variação de ângulo.

Anteparo	Iluminância média
Inferior	175,6 lux
Lateral	270,8 lux

Fonte: Autor

4.4 MOMENTO PÓS-AULA

Depois da realização da aula, o professor deve lançar uma solicitação de avaliação dos resultados. Essa avaliação pode ser feita através da realização de relatórios que descrevam os processos experimentais de sala de aula e contenham algum desafio complementar, como o de simular as condições da bancada no DIALux™.

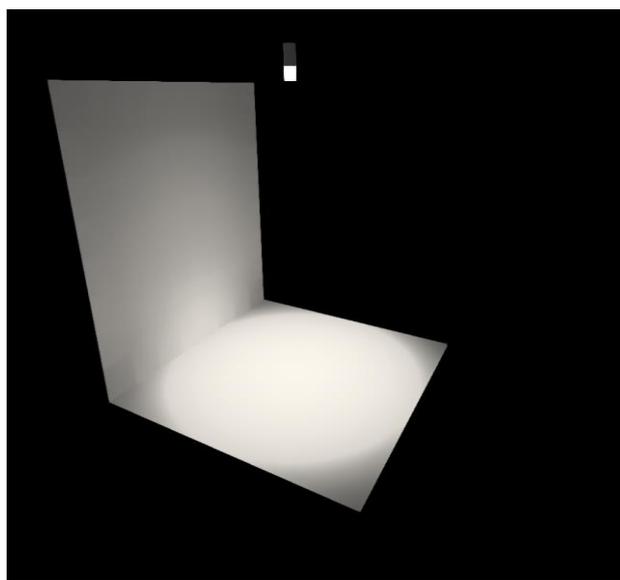
Algumas das simulações que podem ser realizadas são apresentadas a seguir.

4.4.1 Simulações

As simulações em *software* no presente trabalho são apresentadas de maneira a sugerir como podem ser feitas pelos alunos no momento pós-aula, tendo como base os ensaios realizados no desafio em sala de aula. O *software* escolhido para as simulações é o DIALux™, pois o mesmo possibilita planejar e calcular os mais variados tipos de projetos luminotécnicos. As simulações apresentadas nesse tópico aproximam-se do que foi exemplificado nos ensaios práticos.

As informações técnicas da lâmpada utilizada na construção da bancada são as mesmas utilizadas nas simulações. A lâmpada é do modelo GU10LED da TRAMONTINA, com potência de 4,5 W e fluxo luminoso nominal de 350 lm. A Figura 9 apresenta a bancada modelada no DIALux™ e os resultados de cada ensaio são apresentados na sequência.

Figura 9– Bancada luminotécnica simulada no DIALux™.

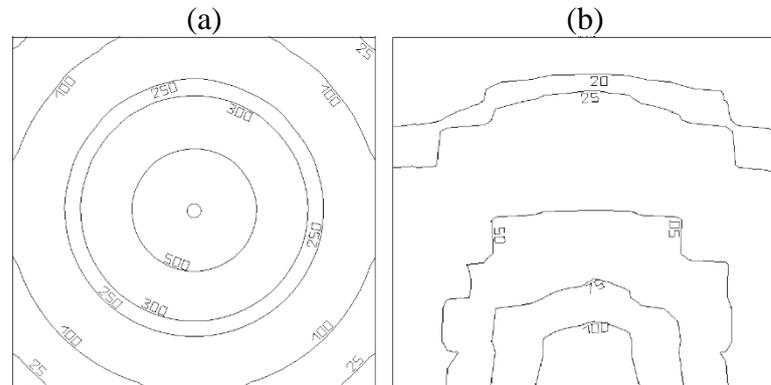


Fonte: Autor.

1) Ensaio de medição da iluminância:

A Figura 10 mostra as curvas isométricas de iluminação. A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos na simulação em comparação dos dados colhidos no experimento prático.

Figura 10– Curvas isométricas do anteparo inferior (a) e lateral (b).



Fonte: Autor.

Tabela 4– Comparativo dos resultados do ensaio de medição da iluminância.

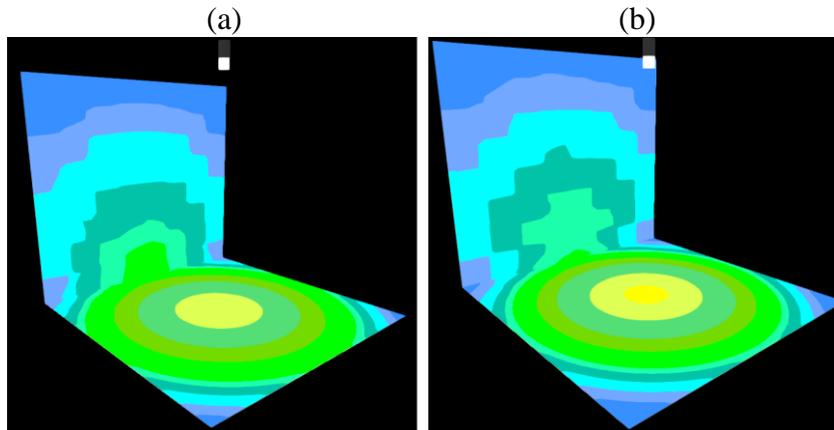
	Simulação	Experimento prático
Anteparo	Iluminância média	Iluminância média
Inferior	245 lux	235,8 lux
Lateral	44,1 lux	71,1 lux

Fonte: Autor

2) Ensaio de medição de iluminância com variação de altura:

A segunda simulação é feita diminuindo a altura da luminária em 10 cm. Outra forma de análise que o DIALux™ disponibiliza é o diagrama de falsas cores, que representa por cores quentes os níveis mais altos de iluminação e por cores frias os níveis mais baixos. A Figura 11 representa em falsas cores a diferença nos níveis de iluminação da bancada em cada um dos ensaios realizados. Os resultados do ensaio são apresentados na Tabela 5.

Figura 11– Níveis de iluminação da bancada nos ensaios de iluminância (a) e de iluminância com variação de altura (b).



Fonte: Autor.

Tabela 5– Comparativo dos resultados do ensaio de medição de iluminância com variação de altura.

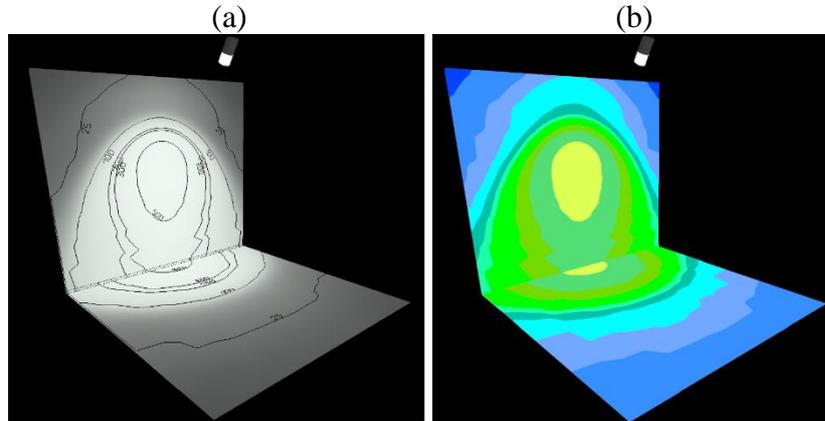
	Simulação	Experimento prático
Anteparo	Iluminância média	Iluminância média
Inferior	254 lux	246,3 lux
Lateral	42,9 lux	64,6 lux

Fonte: Autor

3) Ensaio de medição de iluminância com variação de ângulo:

Seguindo o que foi feito na aula prática, a simulação desse ensaio é realizada configurando a luminária para uma inclinação de 30° em relação à normal do anteparo inferior, direcionando o foco de luz ao anteparo lateral. A Figura 12 apresenta as curvas isométricas e o diagrama de falsas cores obtidos na simulação. Os resultados da simulação são apresentados na Tabela 6.

Figura 12 – Curvas isométricas (a) e diagrama de falsas cores (b).



Fonte: Autor.

Tabela 6 – Comparativo dos resultados do ensaio de medição de iluminância com variação de ângulo.

	Simulação	Experimento prático
Anteparo	Iluminância média	Iluminância média
Inferior	121 lux	175,6 lux
Lateral	201 lux	270,8 lux

Fonte: Autor

4.5 CONCLUSÕES PARCIAIS

A partir do que foi apresentado, observa-se que a aplicação das Metodologias Ativas se mostra uma alternativa promissora no contexto da luminotécnica. O esquema de aula proposto tem aplicação simples e a bancada é de fácil construção, além de ser simples o processo de simulação da mesma.

Quanto aos experimentos exemplificados na bancada, ao comparar os dados obtidos tanto nas simulações quanto nos experimentos práticos, evidencia-se que os resultados numéricos encontrados apresentam um comportamento de variação similar, a partir da alteração das configurações da bancada para cada ensaio realizado. A diferença encontrada entre as grandezas obtidas através das medições e simulações são provenientes das não idealidades do ambiente em que foi realizado o experimento prático. Uma vez que o espaço geográfico, onde estava localizada a bancada durante o experimento prático, não foi fielmente representado em *software*.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma revisão bibliográfica que indica a necessidade de novas adequações aos métodos de ensino nos cursos de engenharia. Observou-se que estas renovações advém de demandas sociais e de mercado, tendo impacto direto sobre a orientação pedagógica adotada nas graduações. Como consequência, a documentação produzida para as novas DCN's alinha, novamente, as engenharias com uma realidade mais plausível.

Foi demonstrado o desenvolvimento de uma bancada didática para ensino de luminotécnica, que seria aplicada em sala de aula a partir de metodologias ativas. O que se espera com a pesquisa realizada é colaborar ao ensino e aprendizagem de luminotécnica nos cursos de engenharia usando as alternativas apresentadas.

A partir deste estudo, o referencial bibliográfico foi idealizado de modo que pudesse trazer estratégias de ensino com aparente potencial para solucionar os problemas encontrados nessas metodologias tradicionais.

A estratégia escolhida pelo autor para aplicação da bancada em sala de aula leva em conta o uso de Metodologias Ativas, a partir do conceito de Sala de Aula Invertida e uma estratégia PBL. Para isso, idealizou-se um esquema de três fases que leva em consideração o momento pré-aula, o momento aula e o momento pós-aula.

A metodologia de Sala de Aula Invertida tem muito potencial de aplicação prática, uma vez que não apresenta mudanças drásticas nos horários dos estudantes. Porém, evidencia-se a necessidade de coleta de dados a partir da aplicação em sala de aula, afim de observar se a metodologia poderia ter boa aceitação dos alunos e se apresenta resultados relevantes com relação ao aprendizado.

Quanto à possibilidade de implementação, a bancada didática demonstrou muito potencial no que diz respeito a relação entre teoria e prática, proporcionando aos alunos dos cursos de engenharia a oportunidade de aprimorar seus conhecimentos e habilidades a partir de uma nova ferramenta. Também vale destacar a simplicidade de construção da bancada, o que a torna ideal para ser implementada em ambientes como laboratórios e sala de aula.

5.1 PROPOSTA DE ESTUDOS FUTUROS

Para uma conclusão mais adequada, destaca-se a necessidade da aplicação prática, em sala de aula, do que foi proposto, além de um estudo mais amplo para avaliar qual a melhor estratégia para aplicação de metodologias ativas.

Ainda, sugere-se experimentar diferentes metodologias didático pedagógicas para se trabalhar com diferentes formas de avaliação dos alunos, observando a maneira mais aceita pelos estudantes e com resultados satisfatórios.

6 REFERÊNCIAS

ABEYSEKERA, Lakmal; DAWSON, Phillip. Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and a call for research. **Higher education research & development**, v. 34, n. 1, p. 1-14, 2015.

AKÇAYIR, Gökçe; AKÇAYIR, Murat. The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. **Computers & Education**, v. 126, p. 334-345, 2018.

AMORIM, Maurício José et al. **Desenvolvimento de bancada didático-experimental de baixo custo para aplicações em controle ativo de vibrações**. 2006.

ARAUJO, AVR de et al. Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, p. e2401, 2017.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Penso Editora, 2018.

BARBOSA, Eduardo Fernandes; MOURA, DG de. Metodologias ativas de aprendizagem no ensino de engenharia. In: **Anais International Conference on Engineering and Technology Education, Cairo, Egito**. 2014. p. 110-116.

BONWELL, Charles C.; EISON, James A. **Active Learning: Creating Excitement in the Classroom**. 1991 ASHE-ERIC Higher Education Reports. ERIC Clearinghouse on Higher Education, The George Washington University, One Dupont Circle, Suite 630, Washington, DC 20036-1183, 1991.

CARVALHO, Anna Cristina Barbosa Dias de; PORTO, Arthur José Vieira; BELHOT, Renato Vairo. Aprendizagem significativa no ensino de engenharia. **Production**, v. 11, n. 1, p. 81-90, 2001.

DIAL. **DIALux**. Disponível em: <<https://www.dialux.com/en-GB/dialux>> Acesso em: 17 set. 2020.

DOS SANTOS SILVEIRA, Alexsandro; MACHADO, Everton; DE SOUZA, João Artur. Construção de uma bancada didática de baixo custo para ensino de sistemas de controle/Construction of a low cost didactic bench for teaching control systems. **Brazilian Applied Science Review**, v. 3, n. 1, p. 133-144, 2018.

ELMÔR FILHO, G. et al. Uma Nova Sala de Aula é Possível. **Rio de Janeiro: LTC**, 2019.

EYBERS, Sunet; HATTINGH, Mariè. Teaching Data Science to Post Graduate Students: A Preliminary Study Using a" FLIP" Class Room Approach. **International Association for Development of the Information Society**, 2016.

FERREIRA FILHO, Raymundo Carlos Machado. **Estratégia de elaboração de projetos de Engenharia em Sistema Tutor Inteligente**. 2008.

FLIPPED LEARNING NETWORK. **The four pillars of F-L-I-P**. 2014. Disponível em: <<http://www.flippedlearning.org/domain/46>> Acesso em: 17 set. 2020.

FREITAS, Patrícia Gomes de Souza. **Elaboração de uma sequência didática para a aprendizagem significativa de luminotécnica para os cursos de engenharia: Uma proposta com as metodologias ativas de ESM, IPC e PBL**. 2017. 362 f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, Goiás, 2017.

HMELO-SILVER, Cindy E. Problem-based learning: What and how do students learn?. **Educational psychology review**, v. 16, n. 3, p. 235-266, 2004.

KERR, Barbara. The flipped classroom in engineering education: A survey of the research. In: **2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)**. IEEE, 2015. p. 815-818.

KURI, Nídia Pavan. **Tipos de personalidade e estilos de aprendizagem: proposições para o ensino de engenharia**. 2004. 337 f. 2004. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em

Engenharia de Produção). Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

LUTHER, M. B. A Pedagogical Approach to Lighting Research. **Australia and New Zealand Architectural Science Association (ANZAScA) Brisbane, Australia**, 1997.

LUZ, Jeanine Marchiori da. **Luminotécnica**. Disponível em: <<https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/Luminotecnica.pdf>>. Acesso em 17 Set. 2020.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Resolução Nº 2, de abril de 24 de abril de 2019: Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União (DOU)**. Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação Superior. abr. 2019. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528>>. Acesso em 27 ago. 2020.

MORÁN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens**, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015.

NETO, Egydio Pilotto. **Cor e iluminação nos ambientes de trabalho**. São Paulo: Livraria Ciência e Tecnologia Editora, 1980.

PRINCE, Michael. Does active learning work? A review of the research. **Journal of engineering education**, v. 93, n. 3, p. 223-231, 2004.

RAZALI, Zol Bahri; TREVELYAN, James P. Measuring tacit knowledge: the hidden dimension of laboratory classes and engineering practice. In: **Research in Engineering Education Symposium (REES), Davos**. <http://www.engconfintl.org/8axabstracts.html> e-**Learning & Interactive Lecture: SoTL Case Studies in Malaysian**.

REA, M. S. **Illuminating Engineering Society of North America. The IESNA Lighting Handbook: Reference and Application**. 9. ed. [S.l.]: Illuminating Engineering Society of North America, 2000.

RIBEIRO, Luis Roberto C.; ESCRIVÃO FILHO, Edmundo. Um sistema de avaliação no ensino de engenharia: A visão dos alunos em uma experiência com o PBL. In: **XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Curitiba PR. Anais do COBENGE. 2007.**

RODRIGUES, Pierre. Manual de iluminação eficiente. **Procel–Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. 1ª. Edição. Julho, 2002.**

RODRIGUES, Yangla Kelly Oliveira; DE HOLANDA, Carlos Almir Monteiro. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Engenharia: o que a legislação recomenda e o que pensam os docentes-engenheiros?//National curriculum guidelines for engineering: what does the legislation recommend and what do the engineers-professors think?. **Revista de Ensino de Ciências e Engenharia**, v. 5, n. 1, p. 99-116, 2014.

SCHMITZ, Elieser Xisto da Silva. **Sala de aula invertida: uma abordagem para combinar metodologias ativas e engajar alunos no processo de ensino-aprendizagem. 2016. 185 p.** 2016. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias Educacionais em Rede) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS.

SILVEIRA, Sidnei Renato et al. Educação a Distância, Sala de Aula Invertida e Aprendizagem Baseada em Problemas: possibilidades para o ensino de programação de computadores. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação.** 2018. p. 1052.

VALENTE, José Armando. Aprendizagem Ativa no Ensino Superior: a proposta da sala de aula invertida. **Depto. de Multimeios, Nied e GGTE-Unicamp & Ced–PucSP, 2013.**

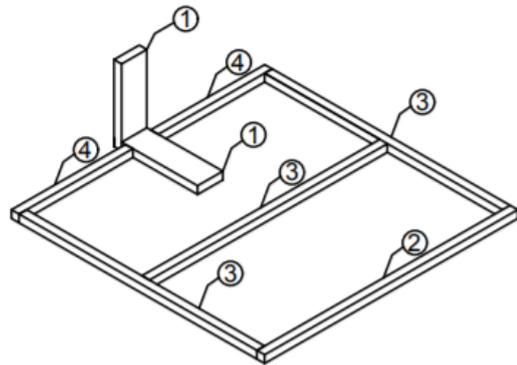
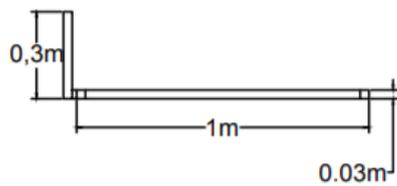
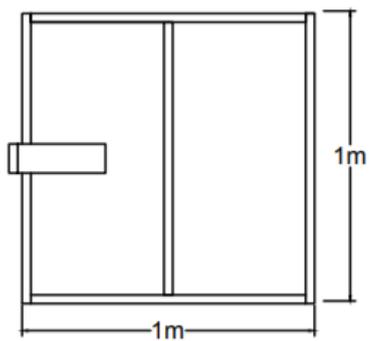
VILLAS-BOAS, Valquíria; MATTASOGLIO NETO, O. Aprendizagem ativa na educação em engenharia. In: **Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia,– COBENGE Blumenau.** 2011.

WOOD, Diana F. Problem based learning. **Bmj**, v. 326, n. 7384, p. 328-330, 2003. based learning. *Bmj*, 326(7384), 328-330.

ANEXOS

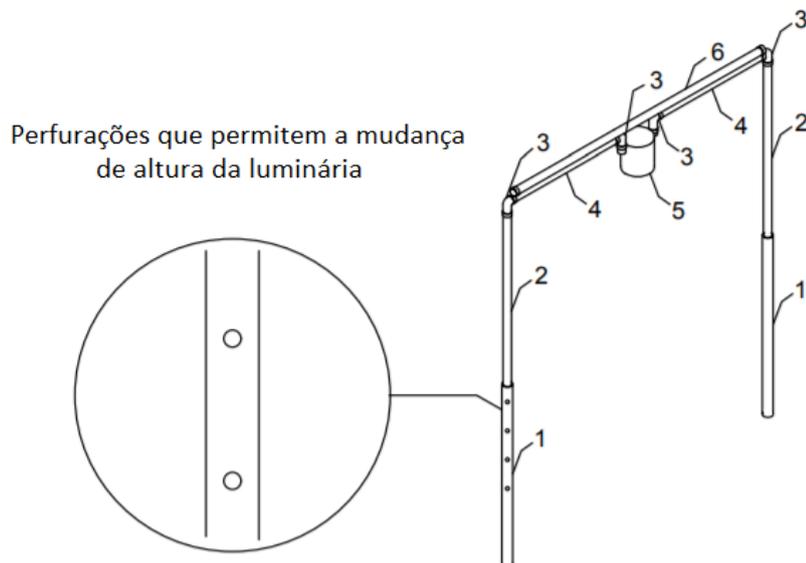
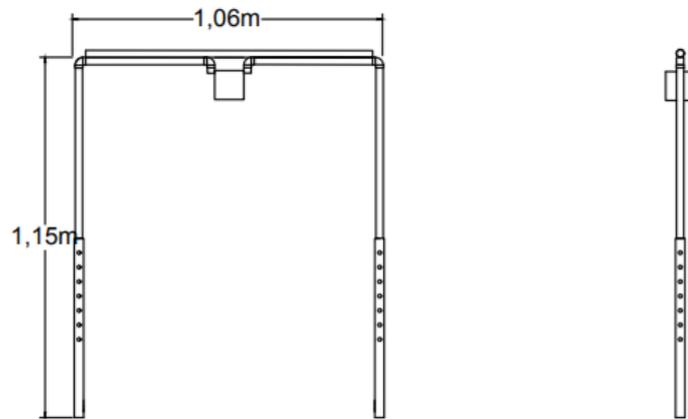
Anexo I: Detalhes do projeto da Bancada Luminotécnica.**BASE DA BANCADA**

Número da peça	Material	Dimensões	Quantidade
1	Madeira	0,3m x 0,1m x 0,03m	2
2	Madeira	1m x 0,03m x 0,03m	1
3	Madeira	0,94m x 0,03m x 0,03m	3
4	Madeira	0,45m x 0,03m x 0,03m	2



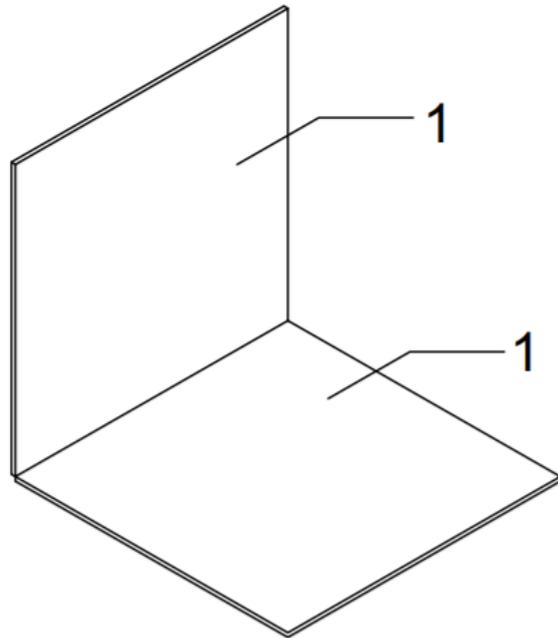
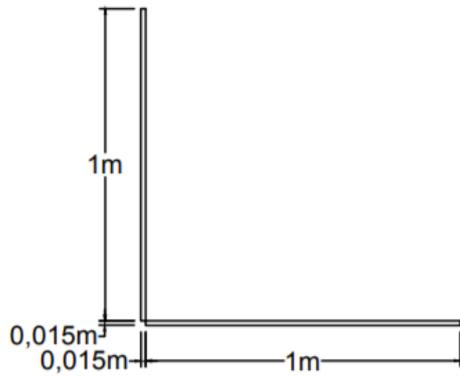
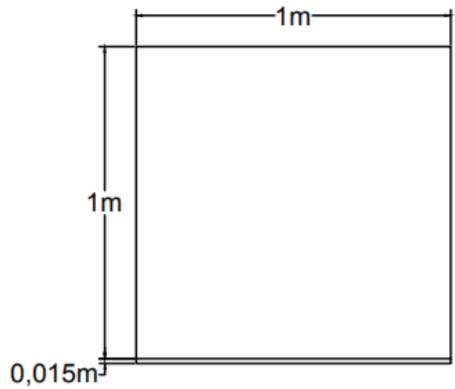
ESTRUTURA DA LUMINÁRIA

Número da peça	Material	Diâmetro	Comprimento	Quantidade
1	Cano PVC	32mm	0,60m	2
2	Cano PVC	25mm	0,60m	2
3	Joelho Cano PVC	25mm	-	4
4	Cano PVC	25mm	0,45m	2
5	Cano PVC	75mm	0,10m	1
6	Cano PVC	25mm	1m	1



CORPO DA BANCADA

Número da peça	Material	Dimensões	Quantidade
1	Placa de MDF	1m x 1m x 0,015m	2



Anexo II: Construção do protótipo da Bancada Luminotécnica.

BASE DA BANCADA



A montagem da base foi realizada a partir dos materiais do projeto e sua fixação por meio de parafusos.

CORPO DA BANCADA



A fixação do corpo da bancada à base foi feita por meio de parafusos, além de dois suportes de 10 cm entre os anteparos para uma melhor estabilidade, como demonstrado a seguir:



LUMINÁRIA E ESTRUTURA

A luminária foi contruída de maneira que pudesse encaixar uma lâmpada GU10LED da TRAMONTINA, o material utilizado foi um cano 75 milímetros com 10 centímetros de comprimento.



A estrutura da luminária permite a movimentação da luminária, tanto em altura quanto em mudança de ângulo, além da passagem dos condutores para acionamento da lâmpada. A fixação da estrutura ao resto da bancada se deu por meio de parafusos.



Anexo III: Sugestão de material a ser utilizado no momento antes da aula.

CONCEITOS GERAIS DE LUMINOTÉCNICA

Luminotécnica

A Luminotécnica pode ser definida como a área da ciência que estuda a iluminação produzida por fontes artificiais, se caracterizando por otimizar as características qualitativas e quantitativas dessas fontes, adequando o uso à visão, à economicidade e à exigências estéticas. Em outras palavras, é o estudo de iluminações tanto interiores quanto exteriores a ambientes (FREITAS, 2017).

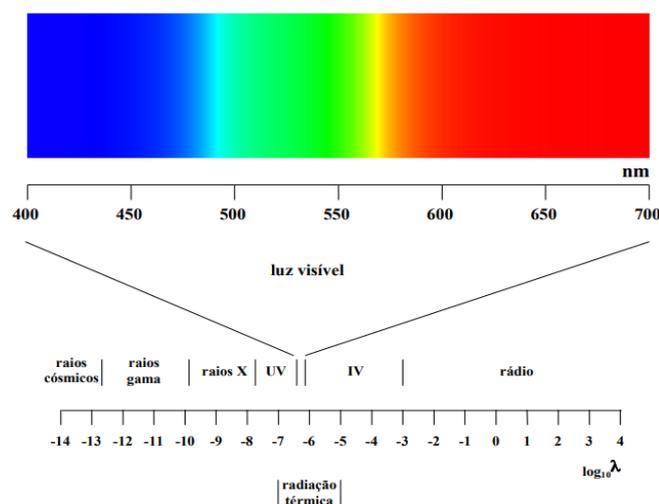
Se tratando de um ramo científico, dispõe de diversas ferramentas e conceitos aos quais serão explorados neste trabalho.

Luz

A Luz é definida pela radiação eletromagnética que reage com o sentido humano da visão. Como o espectro eletromagnético comporta ondas de diversos comprimentos, o olho humano é sensível a uma faixa desse espectro com ondas eletromagnéticas de comprimentos entre 400 nanômetros e 700 nanômetros (HALLIDAY, 2012).

As radiações eletromagnéticas de maior comprimento de onda que limitam o espectro eletromagnético visível (acima de 700 nm) são denominadas infravermelhas, enquanto que as de menor comprimento de onda que limitam o espectro eletromagnético visível (abaixo de 400 nm) são denominadas ultravioletas (LUZ, 2007).

Figura 1- Espéctro de luz visível.



Fonte: (COR E LUZ, 2013).

Fluxo luminoso (ϕ)

O conceito de fluxo luminoso está relacionado com a potência de radiação total emitida em todas as direções por uma fonte de luz, ou seja, é a quantidade de luz irradiada que é percebida pelo olho humano (RODRIGUES, 2002).

Tem como unidade o lúmen (lm) de símbolo (ϕ).

Intensidade luminosa (I)

É a potência de uma parcela do fluxo luminoso emitido por uma fonte de luz em determinada direção. Como a luz não é irradiada de maneira perfeitamente uniforme pela fonte, o aspecto do fluxo luminoso não se dá por uma esfera, causando assim diferentes características de intensidade luminosa (RODRIGUES, 2002).

O símbolo da intensidade luminosa é o (I) e sua unidade é a candela (cd).

Curvas isométricas

É a representação gráfica de como a luz se distribui no espaço, a partir de um diagrama onde a lâmpada ou luminária é reduzida a um ponto e dela se originam vetores que representam a intensidade luminosa em suas respectivas direções. Em outras palavras, a curva representa as intensidades luminosas no plano nos respectivos ângulos em que a lâmpada é direcionada (LUZ, 2007).

Iluminância (E)

É a grandeza que relaciona a quantidade de fluxo luminoso que atinge determinada superfície e a área da mesma, ou seja, pode ser definida como a quantidade de luz que chega em determinado ponto (LUZ, 2007).

O símbolo da iluminância é o (E) e sua unidade é o lux (lux). Um lux corresponde à iluminância de uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen (RODRIGUES, 2002).

A iluminância é definida pela equação (1)

$$E = \frac{\phi}{S} \quad (1)$$

Onde:

E = Iluminância (lux).

ϕ = Fluxo luminoso (lm).

S = Área da superfície iluminada.

Portanto, observa-se que um lux equivale a um lúmen por metro quadrado.

Luminância (L)

É a medida da intensidade luminosa que é refletida por uma superfície por unidade de área em uma direção específica. Pode ser considerada como a medida física do brilho de determinada superfície a partir do momento em que sobre ela incide luz. A partir da luminância que o cérebro humano interpreta interações com a luz, resultando no sentido da visão (RODRIGUES, 2002).

A luminância é medida em candela por metro quadrado (cd/m^2) e é definida pela equação (2).

$$L = \frac{I}{A \cdot \cos \alpha} \quad (2)$$

Onde:

L = Luminância (cd/m^2).

I = Intensidade luminosa (cd).

A = Área aparente projetada (m^2).

α = Ângulo considerado em graus.

Leis fundamentais da luminotécnica

Considerando uma fonte de luz puntiforme, é possível relacionar o fluxo luminoso da mesma a partir de sua intensidade luminosa e o ângulo sólido em que esse fluxo luminoso é irradiado (NETO, 1980). Esta relação pode ser observada na equação (3).

$$\varphi = I \cdot \omega \quad (3)$$

Onde:

ω = Ângulo sólido em graus.

Como observado na equação (1), é possível relacionar o fluxo luminoso que incide sobre determinada superfície de área através de um conceito denominado Iluminância.

Agora, considerando que a superfície de área está a uma determinada distância da fonte de luz, podemos descrever esta situação a partir da equação (4).

$$S = \omega \cdot d^2 \quad (4)$$

Onde:

d = Distância da superfície em relação à fonte de luz (m).

Substituindo a equação (4) na equação (1) observa-se a equação (5).

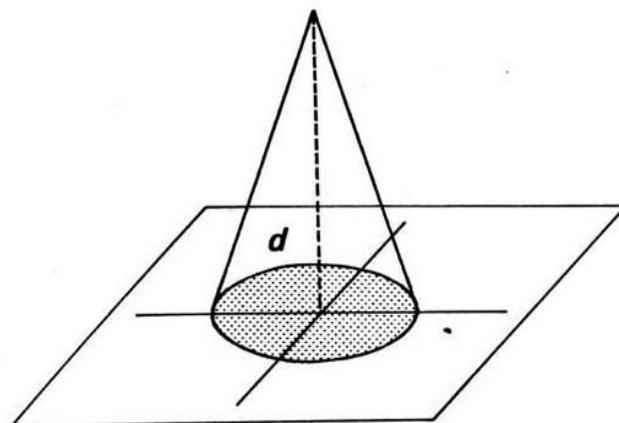
$$E = \frac{\varphi}{\omega \cdot d^2} \quad (5)$$

E finalmente, substituindo-se a equação (3) na equação (5), obtêm-se a equação (6).

$$E = \frac{I}{d^2} \quad (6)$$

Esta relação é verdadeira considerando que a superfície é normal à direção da fonte de luz, como demonstra a Figura 2 (NETO, 1980).

Figura 2- Fluxo luminoso incidindo sobre uma superfície.



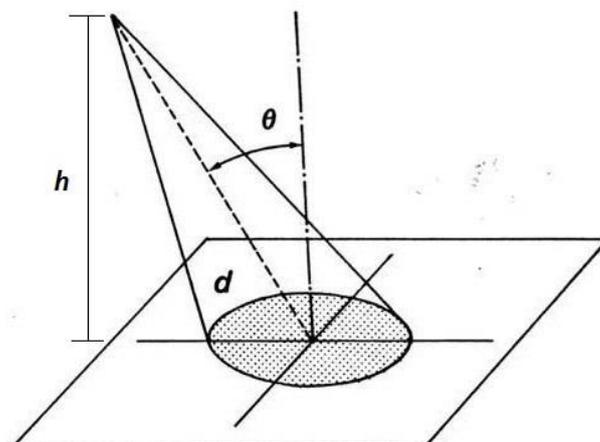
Fonte: (NETO, 1980).

Se a superfície estiver inclinada, de maneira que forme um ângulo θ entre a normal da superfície e a direção da fonte de luz, a expressão se torna o que se observa na equação (7).

$$E = \frac{I}{d^2} \cos \theta \quad (7)$$

Essa situação pode ser observada na Figura 3.

Figura 3- Fluxo luminoso incidindo sobre uma superfície inclinada.



Fonte: Autor, adaptado de (NETO, 1980).

A partir da equação (7) é possível introduzir o conceito das leis da luminotécnica, enunciadas por Lambert e são:

1. O iluminamento é diretamente proporcional à intensidade da fonte.

2. O iluminamento é inversamente proporcional ao quadrado da distância da fonte à superfície.

3. O iluminamento é diretamente proporcional ao cosseno do ângulo que a normal à superfície de incidência forma com a direção do raio luminoso incidente.

Da Figura 3, observa-se a equação (8).

$$h = d \cos\theta \quad (8)$$

Logo, a iluminância na superfície poderá ser calculada a partir da equação (9).

$$E = \frac{I}{h^2} \cos^3 \theta \quad (9)$$

REFERÊNCIAS

FREITAS, Patrícia Gomes de Souza. **Elaboração de uma sequência didática para a aprendizagem significativa de luminotécnica para os cursos de engenharia: Uma proposta com as metodologias ativas de ESM, IPC e PBL.** 2017. 362 f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, Goiás, 2017.

HALLIDAY, David. **Fundamentos de Física: Óptica E Física Moderna. Volume 4.** Grupo Gen-LTC, 2000.

LUZ, Jeanine Marchiori da. **LUMINOTÉCNICA**, 2010. Disponível em: <<https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/Luminotecnica.pdf>>. Acesso em 17 Set. 2020.

NETO, Egidio Pilotto. **Cor e iluminação nos ambientes de trabalho.** São Paulo: Livraria Ciência e Tecnologia Editora, 1980.

RODRIGUES, Pierre. Manual de iluminação eficiente. **Procel–Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. 1ª. Edição. Julho, 2002.**