



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

RAYANE SÁ SANTOS

INFLUÊNCIA DA LUZ NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DAS PLANTAS:
PESQUISAS E TECNOLOGIAS NO SETOR FLORESTAL

Imperatriz-MA

2024

RAYANE SÁ SANTOS

**INFLUÊNCIA DA LUZ NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DAS PLANTAS:
PESQUISAS E TECNOLOGIAS NO SETOR FLORESTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão-UEMASUL, como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. MSc. Diogenis Fontenele Ferreira Junior.

Imperatriz-MA

2024

RAYANE SÁ SANTOS

**INFLUÊNCIA DA LUZ NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DAS PLANTAS:
PESQUISAS E TECNOLOGIAS NO SETOR FLORESTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão-UEMASUL, como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Florestal.

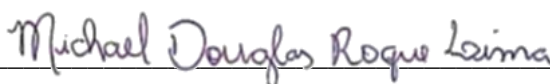
Orientador: Prof. MSc. Diogenis Fontenele Ferreira Junior

Aprovado em: 01/ março / 2024

BANCA EXAMINADORA



MSc. Diogenis Fontenele Ferreira Junior
Mestre em Ciências Florestais e Ambientais
(Orientador)



Dr. Michael Douglas Roque Lima
Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira
(Membro)

Documento assinado digitalmente

gov.br

PATRICIA FERREIRA CUNHA SOUSA

Data: 06/03/2024 14:27:48-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Patricia Ferreira Cunha Sousa
Doutorado em Genética e melhoramento de plantas
(Membro)

S237i

Santos, Rayane Sá

Influência da luz no desenvolvimento inicial das plantas: pesquisas e tecnologias no setor florestal. / Rayane Sá Santos. – Imperatriz, MA, 2024.

43 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2024.

1. Espectros de luz. 2. Crescimento vegetal - germinação. 3. Fitocromo.
4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 630*5

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza CRB13/955**

Dedico a minha mãe, Maria Edna Costa Sá, que sempre priorizou meus estudos em minha vida.

RESUMO

A luz desempenha papel vital no crescimento das plantas, influenciando fotossíntese, germinação e florescimento. Portanto, o objetivo desta revisão foi investigar os efeitos dos diferentes espectros de luz no crescimento das plantas, especialmente a luz vermelha, no desenvolvimento inicial de plantas, analisando o impacto no fitocromo. Nesse sentido, esta pesquisa abrange, a influência dos espectros de luz durante o processo de germinação de sementes e nas fases iniciais de desenvolvimento das plantas, destacando a importância da fotomorfogênese. As respostas das plantas à luz artificial, identificando adaptações e efeitos sobre seu desenvolvimento, também foram apresentados. Além disso, são destacadas tecnologias e pesquisas relevantes que aplicam diferentes espectros de luz no setor florestal, revelando avanços e descobertas importantes. O estudo adota metodologia de pesquisa bibliográfica para sintetizar conhecimentos sobre a influência dos espectros de luz durante as diferentes etapas de vida das plantas, com foco no setor florestal. Foram consultados periódicos especializados e obras de referência como critério de inclusão abrangendo publicações entre 1989 e 2023, enquanto fontes irrelevantes ou inacessíveis são excluídas. A análise dos dados aborda diferentes fases do desenvolvimento das plantas, visando compreender os impactos dos diferentes espectros de luz. Os resultados demonstraram variação na germinação sob luz, e revela importância para sementes florestais, com respostas específicas. *Anadenanthera colubrina* favoreceu germinação na luz vermelha, *Peltophorum dubium* acelerou o índice de velocidade de germinação (IVG), e *Ocotea catharinensis* mostrou adaptação flexível. A literatura destaca que as espécies apresentam padrões distintos de adaptabilidade em relação ao crescimento em ambientes diversos de cada espécie. A luz é essencial para germinação, crescimento e fotossíntese, mas o excesso prejudica (fotoinibição). Adaptação flexível é vital para estratégias de germinação e conservação de ecossistemas florestais.

Palavras-chave: Espectros de luz, Fitocromo, Tecnologias florestais, Luz vermelha.

ABSTRACT

The light plays a vital role in plant growth, influencing photosynthesis, germination, and flowering. Therefore, the aim of this review was to investigate the effects of different light spectra on plant growth, especially red light, in the early development of plants, analyzing the impact on phytochrome. In this regard, this research covers the influence of light spectra during the seed germination process and the initial stages of plant development, highlighting the importance of photomorphogenesis. Plant responses to artificial light, identifying adaptations and effects on their development, were also presented. Additionally, relevant technologies and research applying different light spectra in the forestry sector are highlighted, revealing significant advancements and discoveries. The study adopts a bibliographic research methodology to synthesize knowledge on the influence of light spectra during different stages of plant life, focusing on the forestry sector. Specialized journals and reference works were consulted as inclusion criteria, covering publications from 1989 to 2023, while irrelevant or inaccessible sources were excluded. The data analysis addresses different phases of plant development, aiming to understand the impacts of different light spectra. The results demonstrated variation in germination under light, revealing importance for forest seeds with specific responses. *Anadenanthera colubrina* favored germination under red light, *Peltophorum dubium* accelerated the germination speed index (GSI), and *Ocotea catharinensis* showed flexible adaptation. The literature emphasizes that species exhibit distinct adaptability patterns regarding growth in different environments for each species. Light is essential for germination, growth, and photosynthesis, but excess light can be detrimental (photoinhibition). Flexible adaptation is vital for germination strategies and the conservation of forest ecosystems.

Keywords: Light spectra, Phytochrome, Forestry technologies, Red light.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fotorreceptores nas plantas.....	18
Figura 2 - Espectro de luz nas plantas	20
Figura 3 - Resposta da vegetação em diferentes bandas e condições.....	25
Figura 4 - Resposta da vegetação em diferentes bandas e condições.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies analisadas sob diferentes condições de luz.	29
Tabela 2 - Efeitos da luz e temperatura na germinação e velocidade de germinação.....	30
Tabela 3 - Influência da luz no crescimento inicial de espécies arbóreas na floresta atlântica.	33
Tabela 4 - Influência da luz nas características morfofisiológicas de <i>Tabebuia heptaphylla</i> (vell.) tol.	34

LISTA DE ABREVIATURAS

FV	Fitocromo ao absorver a luz na faixa de comprimento de onda vermelho
FVE	Fitocromo ao absorver comprimentos de onda vermelho extremo
ICC	Índice de conteúdo de clorofila
IVG	Índice de velocidade de germinação
LED	Diodo emissor de luz
NDVI	Índice de vegetação por diferença normalizada
PAR	Radiação fotossinteticamente ativa
R/PA	Razão raiz/parte aérea
RBF	Respostas de baixa fluência
RFMB	Reações de fluência muito baixa
RIA	Reação de alta radiação

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 objetivos específicos	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Fotossíntese e fotomorfogênese e luz artificial	16
3.2 Fotomorfogênese	17
3.2.1 Fitocromo	19
3.3 Espectros de luz	20
3.4 Tecnologias ou trabalhos que utilizam os diferentes espectros de luz em benefício de essências florestais.	20
3.4.1 O papel crucial da luz: respostas distintas em espécies pioneiras e clímax	21
3.4.2 Telas de sombreamento artificial	21
3.4.3 Germinação de sementes em ambientes controlados	22
3.4.4 Geotecnologia: Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)	24
4 METODOLOGIA	27
4.1 Tipo da pesquisa	27
4.2 Fontes de dados	27
4.3 Procedimentos de análise	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Variação na germinação sob diferentes condições de luz	28
5.2 Respostas fisiológicas das plantas à luz	31
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A luminosidade desempenha um papel crucial no crescimento e desenvolvimento das plantas, e influencia diretamente na realização da fotossíntese, na germinação de sementes e na formação de flores, a plantas usam a luz como meio de fornecimento energético para o processo de fotossíntese e respondem dependendo da força, tamanho da onda e orientação em que essa energia é emitida. A luz tem efeitos fotomorfogênicos, e a absorção do espectro luminoso ocorre através de fotorreceptores como fitocromos e criptocromos, e a forma como esses receptores respondem, desencadeia uma série de respostas fisiológicas (MUNNER et al., 2014). Sendo assim, o espectro da fonte de raios luminosos deve corresponder às exigências da planta para que a fotossíntese e o desenvolvimento fotomorfogênico possam ser realizados (BULA et al., 1991).

Como a luz afeta a fotossíntese, ela também afeta outros processos nas plantas, como taxa de crescimento, fotomorfogênese, abertura e fechamento estomático (KONRAD et al., 2005). Os requisitos de iluminação necessária para o processo de germinação das sementes e o crescimento das plântulas variam entre as espécies e podem variar dentro da mesma espécie. Os principais fatores que determinam o desenvolvimento das plantas são variáveis que incluem as características do solo, a presença de água, a luminosidade e a temperatura. Entre eles, destacam-se a luz, que é importante para o crescimento das plantas porque favorece a realização da fotossíntese (FERREIRA et al., 1997; SANTOS, 2006).

A germinação é uma das etapas mais importantes do ciclo de vida da planta, caracterizada por uma série de processos físicos e fisiológicos de natureza complexa, baixo rendimento de emergência ou germinação podem ser um problema por exemplo como o baixo vigor e a dormência das sementes podem causar danos e dificultar sua manipulação, conforme mencionado por Menezes et al. (2004). A luminosidade, a disponibilidade de água e a temperatura representam os elementos ambientais que controlam a germinação (MENDES e CARVALHO, 2015).

As plantas possuem um pigmento chamado fitocromo que absorve respostas aos sinais de luz ambiente, em sintonia com a faixa de espectro luminoso que se estende do azul ao vermelho intenso, conforme discutido por Taiz e Zeiger (2013).

Existem duas formas deste pigmento: o fitocromo inativo (FV) e o fitocromo ativo (FVE), estes realizam um papel decisivo na regulação de processos biológicos como a germinação de sementes, o florescimento, as respostas ao fotoperiodismo, o estiolamento, a

síntese proteica, a dormência de sementes, e outros fenômenos relacionados (RAVEN et al., 2001).

A luz solar abrange uma variedade de comprimentos de onda, incluindo a luz vermelha (V) com comprimento de ondas na faixa de 600 a 700 nm representam a luz vermelha, enquanto a luz na extremidade vermelha (700 a 800 nm) é denominada vermelho-extrema, (ZAIDAN e BARBEDO, 2004), na faixa visível do espectro eletromagnético, esses comprimentos de onda desempenham um papel crucial na produção de energia durante o processo fotossintético, os comprimentos de onda na faixa visível são responsáveis pela geração de energia utilizada no processo da fotossíntese, cobrindo a gama de luz do azul ao vermelho.

Com base nas suas respostas a estimulação luminosa, as sementes podem ser classificadas em três categorias, a saber: fotoblásticas positivas (estimuladas pela luz), fotoblásticas negativas (inibida pela luz) e fotoblásticas neutras, que não são afetadas pela presença ou ausência da luz (MARCOS FILHO, 2015). As sementes com fotoblastismo positivo requerem a presença de luz branca ou vermelha para dar início ao processo de germinação, por outro lado, as sementes com fotoblastismo negativo germinam em condições de ausência de luz ou em condições de intensa luz vermelha, já as sementes com fotoblastismo neutro são capazes de iniciar a germinação sob qualquer condição de iluminação do espectro visível de luz (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A germinação de sementes na luz natural ocorre quando as sementes iniciam seu processo de crescimento e desenvolvimento sob a influência da luz solar. Este é um processo natural que se desenrola nas condições normais do ambiente externo, onde as sementes são expostas à luz do sol. Por outro lado, a germinação de sementes na luz artificial ocorre quando as sementes são cultivadas em ambientes controlados, como estufas, laboratórios ou áreas internas, onde a luz é fornecida por fontes artificiais, como lâmpadas especiais. Nesses casos, a intensidade, espectro e duração da luz podem ser ajustados conforme necessário para otimizar o processo de germinação.

Segundo (BULA et al., 1991), conforme citado por Guterres (2022) “Uma das novidades na promoção do desenvolvimento de plantas consiste no emprego de fontes de luz artificiais, como aquelas provenientes de LEDs. (diodo emissor de luz). As primeiras experimentações com LED empregaram a radiação na faixa do vermelho e foram realizadas para avaliar o desenvolvimento de culturas como alface, batata, espinafre e trigo. Até umas décadas atrás, devido ao elevado custo dos LEDs, sua utilização ficava limitada a estudos realizados em câmaras de crescimento e estufas”. A utilização de lâmpadas LED apresenta diversas vantagens, incluindo dimensões compactas, ajuste na intensidade e na qualidade luminosa, comprimento

de onda específico, além de uma elevada eficiência na conversão fotoelétrica (SILVA et al., 2014). Essas características tornam as lâmpadas LED ideais para promover o crescimento de plantas em ambientes controlados (CHUNG et al., 2010).

Dentro desse cenário, a influência dos diferentes espectros de luz no desenvolvimento das plantas mostra-se como um tópico de grande relevância e interesse. Pretende-se direcionar especificamente a atenção para os impactos dessa influência luminosa no setor florestal, explorando as implicações específicas para o crescimento, desenvolvimento e características fisiológicas de plantas que desempenham um papel crucial nos ecossistemas florestais. Essa abordagem busca proporcionar uma compreensão mais aprofundada dos mecanismos relacionados à luz e ao fitocromo em espécies florestais. Destacando assim, tecnologias ou métodos que busquem potencializar o desenvolvimento inicial das plantas, principalmente de essências florestais nativas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar os efeitos da exposição da luz nas plantas, especialmente a luz vermelha, no desenvolvimento inicial de plantas, analisando o impacto no fitocromo. Explorar diversos espectros de luz e apresentar estudos e tecnologias aplicáveis ao crescimento de espécies florestais.

2.2 objetivos específicos

- Estudar como os efeitos específicos dos diferentes espectros de luz afetam o processo de germinação de sementes e o crescimento das plantas;
- Analisar a influência da fotomorfogênese durante a fase inicial do desenvolvimento das plantas, identificando como esse processo afeta seu crescimento;
- Avaliar as respostas das plantas à exposição de fontes de luz artificial, destacando as adaptações e efeitos observados;
- Destacar tecnologias, metodologias ou pesquisas relevantes que aplicam o princípio dos diferentes espectros de luz no contexto do setor florestal, evidenciando avanços e descobertas significativas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Fotossíntese e fotomorfogênese e luz artificial

A fotossíntese representa um processo fisiológico crucial ocorrendo nos tecidos clorofilados das plantas. Seu propósito primordial é a síntese de substâncias orgânicas, como a glicose, a partir de componentes inorgânicos do ambiente, como água (H₂O) e dióxido de carbono (CO₂). Nesse contexto, as plantas empregam a luz solar como sua principal fonte de energia para efetuar essa transformação (PES e ARENHARDT, 2015). O termo fotomorfogênese, segundo Pinheiros (2013), refere-se ao sistema de pigmentos fotossensíveis que controlam as diferentes fases do desenvolvimento das plantas, processo pelo qual a luz exerce controle no crescimento das plantas. A luz tem efeito fotomorfogênico, onde a percepção do espectro luminoso é realizada por fotorreceptores, como os fitocromos e criptocromos, e a forma como reagem com esses receptores produz uma série de respostas fisiológicas (MUNNER et al., 2014).

A duração de um dia é chamada de fotoperíodo e refere-se à duração do período de exposição à luz, e a reação do desenvolvimento das plantas ao fotoperíodo é chamada de fotoperíodismo. O comprimento do dia e a radiação solar representam elementos significativos na relação entre a planta e o ambiente., regulando o desenvolvimento das plantas por influenciar diretamente a fotossíntese e a fotomorfogênese (SCHUSTER et al., 2012). O fotoperíodo tem influências sobre diversos aspectos morfológico das plantas como o desenvolvimento de flores, frutos e sementes, também ajuda na influência do crescimento vegetativo, na formação de bulbos e tubérculos, no processo de ramificação, na forma das folhas, na abscisão e desfolhamento, síntese de pigmentos, crescimento das raízes, período de dormência e mortalidade vegetal, algumas espécies de culturas requerem fotoperíodos induzidos que respondem a dias longos ou curtos para completar o ciclo (SCHUSTER et al., 2012).

A luz é o principal meio para realizar a fotossíntese. Atualmente, a luz artificial é utilizada não apenas para melhorar a produtividade e a qualidade das plantas, mas também para simular a luz solar e estimular a fotossíntese nas plantas através da radiação no espectro eletromagnético apropriado. Podendo ser usada para equilibrar ou substituir a ausência de luz natural em algumas regiões. Na iluminação artificial, o arranjo espectral da fonte de luz aplicada para induzir efeitos fotoperiódicos afeta diretamente o desenvolvimento das plantas, assim como as diferenças na intensidade da luz afetam o desempenho das plantas (DAVID et al., 2010).

Diodos emissores de luz (LEDs) têm sido propostos como fontes de luz para ambientes controlados para proporcionar o crescimento das plantas. Eles possuem características desejáveis, de controle como: composição espectral, vida útil longa, habilidade de gerar comprimentos de ondas específicos, superfície emissora relativamente frias, além de ser de tamanho pequeno, sendo conveniente para manuseio e instalação em câmaras de cultura (LI et al., 2010; MUNEER et al., 2014)

Técnicas de iluminação artificial utilizando lâmpadas têm sido estudadas em diversas culturas com base em três variáveis de iluminação: A qualidade da luz (cor e comprimento de onda), a quantidade (fluxo de fótons e frequência) e a duração da luz (fotoperíodo). Juntos, esses três parâmetros influenciam a morfologia da planta, o crescimento vegetativo e a floração, a atividade fotossintética das folhas e a produtividade (PESTANA et al., 2017).

O crescimento e a fisiologia das plantas são muito influenciados pelo espectro de luz ambiente fornecido pelos LEDs, dos quais podem ser mencionados o azul, o vermelho, o verde e suas combinações, por exemplo, o espectro da luz azul está relacionado a um número processos fisiológicos das plantas, como fototropismo, morfologia, abertura dos estômatos e funcionamento da atividade fotossintéticas das plantas (LAZZARINI, 2017). Já as lâmpadas de luz (LED'S) vermelha emitem um espectro muito próximo do máximo de absorvência de clorofila e fitocromo (SUN et al., 1998). A absorção da luz azul e vermelha pelas plantas geralmente é considerada proveniente de lâmpadas LED, atinge aproximadamente 90% da luz emitida. Essa alta absorção destaca a significativa influência dessas cores e comprimentos de onda específicos no desenvolvimento e na fisiologia das plantas. Porém, essa influência do espectro de luz na fisiologia vegetal varia entre as espécies, refletindo a capacidade produtiva da planta (HUNG et al., 2016).

Portanto, graças à luz, seja natural ou artificial, as plantas participam da fotossíntese para gerar a energia necessária ao seu pleno desenvolvimento (NUNES et al., 2013). As cores da luz podem ser absorvidas por diferentes fotorreceptores, interferindo na intensidade fotossintética e nas alterações morfológicas das plantas (HASAN et al., 2017).

3.2 Fotomorfogênese

A luz desempenha um papel crucial na promoção do crescimento e desenvolvimento das plantas, responsável pela fotossíntese. No entanto, outros efeitos da luz no crescimento das plantas são completamente independentes, a fotossíntese também ocorre. Muitos destes efeitos controlam a aparência física da planta, ou seja, o seu desenvolvimento estrutural ou

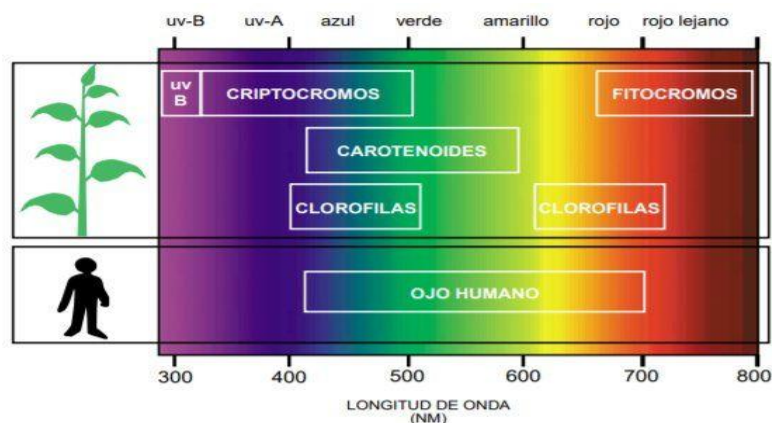
morfológico. A regulação da morfogênese através da luz é conhecida como fotomorfogênese (FERRI, 1985).

Para que a luz controle o desenvolvimento das plantas, ela deve primeiro ser absorvida. A detecção de sinais de luz requer pigmentos que absorvem luz, tornam-se fotoquimicamente ativos e funcionam como fotorreceptores. A absorção seletiva de luz em diferentes comprimentos de onda permite que as informações sejam interpretadas na forma de ações primárias. Este efeito primário pode incluir alterações na conformação das proteínas, reações redox ou outras formas de transformações químicas. Não importa à natureza do primeiro evento, a absorção de luz estimula os fotorreceptores nas plantas e desencadeia uma sequência de eventos bioquímicos conhecida como, via de transdução e amplificação de sinal para produzir a resposta final (a sequência está no modo proposto, observa-se que é semelhante à sequência de ação dos hormônios). A diferença é que os hormônios se ligam a receptores específicos na membrana da célula-alvo durante a reação. Durante a fotomorfogênese, é o próprio fotorreceptor que atua como a molécula ativa.

As respostas fotomorfológicas das plantas parecem ser controladas por três fotorreceptores:

- Fitocromo – Apresenta absorção tanto no azul quanto na região do espectro correspondente às cores vermelha e vermelha extrema (ou extremamente vermelha);
- Criptocromo – Pigmento que absorve luz azul e ultravioleta (UV-A, 320 a 400 nm). Este pigmento parece ser importante nos Criptógamas;
- Fotossensibilizadores UV-B – São compostos que absorvem o espectro ultravioleta na faixa de 280 a 320 nm.

Figura 1 - Fotorreceptores nas plantas.



Fonte: (infoagronomo, 2023).

3.2.1 Fitocromo

As sementes percebem as mudanças ambientais através de alterações na qualidade da luz incidente, indicando se as condições atuais são favoráveis para o desenvolvimento da planta a ser produzida (MONDO et al., 2010). A detecção de luz ocorre por meio de moléculas de fitocromo, que são proteínas que atuam como fotorreceptores, captando sinais luminosos que são capazes ou não de provocar a germinação das sementes (SOUZA, 2008).

Os fitocromos pode existir de duas formas, e são as principais proteínas pigmentares fotorreceptoras que são principalmente responsáveis pela absorção de luz na faixa do vermelho (660 nm), na faixa do vermelho extremo (730 nm). Eles são a base dos ritmos circadianos e da fotomorfogênese. As formas de fitocromo descritas na literatura são Fv (V), que absorve luz vermelha, e Fve (VE), que é vermelho extremo, o Fv (forma inativa) é ativado pela luz vermelha e convertido na forma Fve (forma ativa), estimula o processo de germinação na maioria das sementes fotoblásticas (ZAIDAN et al., 2004). O pigmento fitocromo presente nas células dos vegetais regula a germinação, floração e resposta das sementes, isso inclui fotoperiodismo, amarelecimento, síntese de proteínas e dormência das sementes (RAVEN et al., 2001).

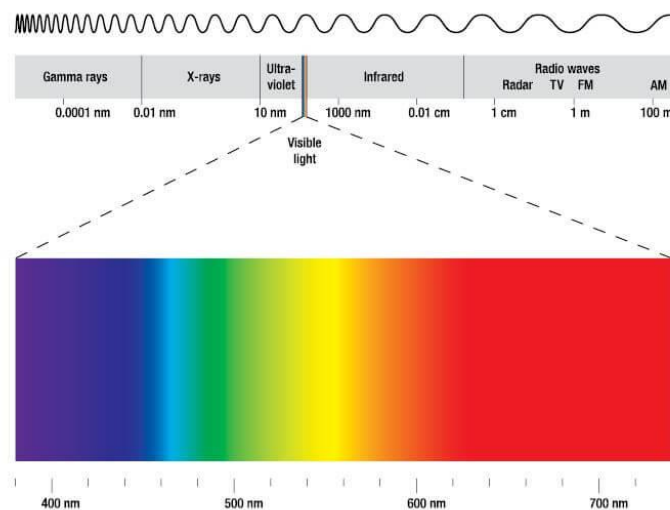
Eles são comumente encontrados em meristemas sem clorofila, em todas as plantas terrestres e em outras formas de vida, como bactérias, fungos, diatomáceas, cianobactérias e cadeias de algas. Em diversas espécies, a presença de luz favorece o processo de germinação das sementes, aumentando tanto a germinabilidade quanto a velocidade de germinação essas sementes são denominadas fotoblásticas positivas, e sementes com germinação inibida pela luz são denominadas fotoblásticas negativas.

Os efeitos do fitocromo nas sementes foram discutidos por Lagoa e Pereira (1987), e Neto (2003) entre outros. Segundo esses autores, as reações à luz são divididas em três categorias, baseadas nas exigências de luz, do nível de fluência (número de fótons que chegam uma área específica durante um intervalo de tempo determinado). Portanto, tem uma respostas de baixa fluência (RBF), causada pela luz vermelha, que é reversível por luz vermelha extrema; existem também reações de fluência muito baixa (RFMB), causadas por fraco fluxo de luz, irreversível pelo vermelho extremo, pelo contrário, esse comprimento de onda também promove a germinação das sementes; e por fim, também reação de alta radiação (RIA), na qual é necessária exposição prolongada à luz vermelho extremo ou azul, sem capacidade de reversão óptica V/VE (NETO et al, 2003).

3.3 Espectros de luz

A função da luz para as plantas varia, e a iluminação artificial interna difere do espectro da luz solar natural. O espectro de luz engloba todas as cores visíveis como em um arco-íris, e inclui comprimentos de onda invisíveis, como raios cósmicos e gama. Contudo, nem todos esses comprimentos de onda são utilizados pelas plantas para o seu crescimento. Em diferentes estágios de desenvolvimento, as plantas empregam distintas faixas de comprimentos de onda de luz, conhecidas como radiação fotossinteticamente ativa (PAR), que se estende de 400 a 700 nanômetros (SOCIÉTIFICA, 2023), conforme a figura 2.

Figura 2 - Espectro de luz nas plantas.



Fonte: (Empório Luz, 2023).

A luz nas faixas de comprimento de onda roxo e azul (400 a 490 nanômetros) impulsiona o crescimento vegetativo, enquanto os comprimentos de onda nas tonalidades amarelo-alaranjado-vermelho (570 a 700 nanômetros) promovem a floração e frutificação das plantas. É notável que as plantas não utilizam a luz verde; em vez disso, elas a refletem para nossos olhos. Portanto, ao selecionar as cores de luz para suas plantas, é recomendável concentrar-se em fontes de luz azul-púrpura ou amarelo-laranja-vermelho (SOCIÉTIFICA, 2023).

3.4 Tecnologias ou trabalhos que utilizam os diferentes espectros de luz em benefício de essências florestais.

3.4.1 O papel crucial da luz: respostas distintas em espécies pioneiras e clímax

A influência da luz é um fator crucial que não deve ser subestimado em estudos sobre tecnologia de sementes florestais. Diferentes grupos ecológicos respondem de maneiras distintas a essa variável. Normalmente, espécies pioneiras demonstram uma capacidade de germinação mais significativa em condições de alta incidência de luz, especialmente na faixa vermelha principalmente em regiões de zonas mais abertas (VÁSQUEZ-YANES e SADA, 1985). Em contraste, espécies clímax tendem a responder melhor à predominância de luz vermelha distante, cuja taxa é mais elevada em regiões com sombra no sub-bosque florestal (DJANGUREN e VÁSQUEZ-YANES, 1985). Existem casos particulares, como o de espécies cuja germinação ocorre exclusivamente na ausência de luz, devido às condições específicas de sua ocorrência, exemplificado pela *Tabebuia cassinoides* em ambientes de mangue. Apesar de as particularidades evolutivas de cada espécie poderem influenciar esse padrão, tal comportamento tem sido corroborado por pesquisas.

Em um experimento mencionado por Kageyama e Viana (1989), foi investigada a resposta à luz de duas espécies distintas: *Esenbeckia leiocarpa*, classificada como pertencente ao grupo ecológico de espécies clímax, e *Cecropia inérea*, caracterizada como pioneira. Os resultados indicaram que a presença de luz vermelha inibiu o processo de germinação das sementes da espécie clímax, enquanto estimulava a germinação da espécie pioneira. Ambas as espécies, no entanto, apresentaram uma germinação positiva quando expostas à luz artificial.

Diversos pesquisadores ressaltam a luz como o fator ambiental preponderante para o desenvolvimento, persistência e reprodução das plantas presentes nas florestas tropicais (DESTEFANI, 2006). Vale notar que as espécies florestais manifestam comportamento diversificado em relação à sua sensibilidade à luz durante o processo de germinação (OLIVEIRA et al., 2003), o que está intrinsecamente ligado às respostas das sementes perante diferentes condições luminosas.

3.4.2 Telas de sombreamento artificial

Segundo Oliveira (2013), a utilização de sombreamento artificial é um método altamente eficaz na investigação das exigências de diversas espécies em ambientes de viveiro. Este método apresenta vantagens específicas em comparação com estudos realizados em condições naturais, como a capacidade de isolar e quantificar o impacto da intensidade

luminosa, além de proporcionar condições de iluminação uniformes para as amostras em estudo.

A aplicação de sombreamento artificial em produção de mudas de espécies florestais em viveiros pode oferecer informações valiosas, pois as plantas receberão radiação de forma uniforme, resultando em dados relevantes sobre a quantidade ideal desse elemento que contribui para o progresso da espécie em questão (ENGEL, 1989). As plantas expostas a diferentes espectros de radiação, especialmente nos comprimentos de onda de 670 nm (vermelho) e 380 nm (azul), exibem notáveis diferenças morfológicas devido à resposta dos pigmentos fotossintéticos que respondem a esses comprimentos de onda (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As telas de sombreamento artificial vêm em diferentes níveis de opacidade, permitindo ajustar a quantidade de luz que chega às plantas conforme necessário. Poder ser usada em viveiro para otimizar as condições de crescimento, protegendo as mudas das exposições excessivas ao sol, especialmente em regiões com climas extremos.

As condições de pleno sol e sob tela vermelha podem ser consideradas adequadas para as espécies, pois demonstram um aumento significativo em todos os parâmetros avaliados no crescimento. Silva et al. (2007) ressalta a importância do equilíbrio no processo de desenvolvimento em diferentes partes da planta, especialmente na relação entre altura e diâmetro. Isso é crucial para o êxito na aclimatação das mudas ao ambiente externo, uma vez que plantas com essa característica tendem a suportar melhor as variações nas condições ambientais.

Alguns trabalhos apontam que o uso de telado vermelho influencia no crescimento em altura de várias espécies, como mencionado no trabalho de sabino et al (2016), que avaliou duas espécies de ipê, sob diferentes telas de sombreamento, *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose e *Handroanthus ochraceus* (Vahl) S.O. Grose. Foram observados que as mudas de ambas as espécies, apresentaram os maiores valores em altura (17,18 e 3,94 cm, respectivamente) quando submetidas a uma tela na cor vermelha. Quanto aos diâmetros do caule de ambas as espécies, o uso da tela vermelha e as condições de pleno sol proporcionaram as melhores respostas para o diâmetro em ambas as espécies aos 60 e 80 dias após o tratamento."

3.4.3 Germinação de sementes em ambientes controlados

Câmaras de crescimento, que proporcionam ambientes controlados, são amplamente empregadas na pesquisa da fisiologia das plantas (BULA et al., 1991). Mesmo que as salas de crescimento tenham sido tradicionalmente utilizadas na produção em grande escala de mudas,

tem-se explorado igualmente os benefícios proporcionados pelo ambiente controlado na produção de culturas comerciais (DAVIS, 1985).

A utilização da tecnologia de diodo emissor de luz (LED) para iluminação representa uma abordagem substancialmente distinta e energeticamente eficiente na indústria de estufas, apresentando vantagens notáveis sobre as lâmpadas de descarga gasosa, como as lâmpadas de alta pressão de sódio, atualmente amplamente utilizadas na maioria das estufas (MITCHELL et al., 2012).

A qualidade e quantidade de luz são fundamentais para o desenvolvimento e a fisiologia das plantas, exercendo influência em processos como floração e eficiência fotossintética. Fotorreceptores como fitocromos, criptocromos e fototropinas respondem a essa luminosidade, afetando a expressão genética. O uso de LEDs como fonte de iluminação permite otimizar a qualidade espectral para diferentes plantas, criar ambientes controlados digitalmente e implementar sistemas de iluminação energeticamente eficientes (SINGH et al., 2015).

A resposta ecofisiológica da germinação das sementes em relação à luz está vinculada à espécie e está associada à sua posição no estágio sucessional da floresta, como destacado por Oliveira et al. (2005).

De acordo com a pesquisa de (RÊGO e POSSAMAI, 2003), que avaliou diversos parâmetros de germinação em laboratório, da espécie florestal jacarandá-da-bahia, um dos parâmetros realizados foi analisar o impacto de diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa no crescimento de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Vellozo-Leguminosae), considerando a germinação e o vigor (IVG) das sementes foram significativamente afetados pela luz. Em particular, a luz vermelha demonstrou uma influência mais intensa, promovendo uma taxa de germinação mais elevada (93,3%) e um vigor mais robusto (1,86).

Já no trabalho de (ANDRADE, 2022), avaliou-se duas espécies de *Eucalyptus*, propagação in vitro, e demonstrou que o emprego variado de luzes de LEDs apresentou impactos benéficos na propagação de explantes de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage. Além disso, observou-se que os LEDs exercem influência significativa na produção de mudas de *E. benthamii*. No contexto do desenvolvimento dessas mudas, a aplicação positiva de LEDs, especialmente nas tonalidades azul e vermelha, foi evidenciada de maneira independente. A luz vermelha, em particular, mostrou-se associada a um avanço superior em diversas características avaliadas. Em situações em que os resultados não foram os mais expressivos, a luz azul não apresentou diferença estatística significativa em comparação com as mudas sob luz vermelha.

Os diferentes espectros de luz podem ter diversos benefícios para o crescimento e desenvolvimento de essências florestais, dependendo das necessidades específicas de cada espécie e da fase do ciclo de vida em que as plantas se encontram. A presença de luz é fundamental para o início do processo de fotossíntese, e diferentes comprimentos de onda desempenham funções específicas no desenvolvimento das plantas. Durante esse processo, as plantas utilizam em especial os espectros vermelho e azul da luz em proporções variáveis, dependendo do estágio de crescimento. A luz azul, com extensão de onda entre 400-500 nm, favorece o desenvolvimento radicular e uma fotossíntese mais intensa. Por outro lado, a luz vermelha, entre 640-720 nm, impulsiona o crescimento do caule, o estágio de floração e a síntese de clorofila. Coletivamente, essa faixa abrangente é reconhecida como radiação fotossinteticamente ativa (GROHO HIDROPONIA, 2023).

3.4.4 Geotecnologia: Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)

A pesquisa ambiental destaca as geotecnologias como ferramentas de apoio, conforme Oliveira e Saito (2003), proporcionando a obtenção de informações relevantes por meio da integração geoespacial de dados e modelagem de suas inter-relações.

Por meio das geotecnologias, torna-se possível realizar o mapeamento e monitoramento da cobertura vegetal utilizando o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). Quando avaliado sazonalmente e a longo prazo, o NDVI emerge como um indicador crucial para a quantificação da vegetação e a diminuição da quantidade de biomassa, resultando em índices que servem como base para a categorização da vegetação (GIONGO, 2008).

Na pesquisa, o NDVI, uma técnica de processamento digital de imagens (PDI), amplamente aplicada em pesquisas vegetais (BORATTO e GOMIDE, 2013), faz uso das discrepâncias, entre as bandas na região do espectro eletromagnético, especificamente entre o vermelho e a banda correspondente à radiação infravermelha próxima. Destaca-se pela sua eficácia em pesquisas sobre cobertura vegetal verde, permitindo avaliação de áreas com perda e ganho de vegetação, juntamente com estimativas de biomassa e índice de área foliar, tem sido conduzida por meio do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) (ISAEV et al., 2002). Adicionalmente, esse método reduz os impactos de fatores como iluminação da cena, declividade da superfície e geometria de aquisição, os quais podem influenciar os valores de reflectância da vegetação (PONZONI et al., 2012).

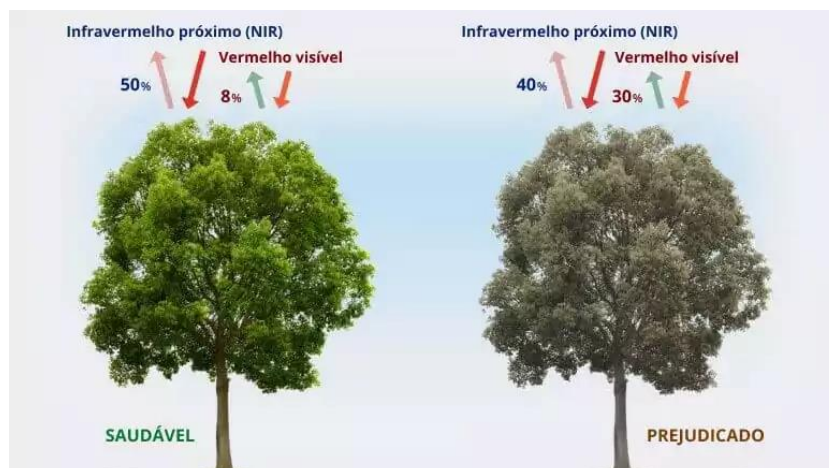
O NDVI, uma medida amplamente utilizada, destina-se a avaliar a saúde e densidade da vegetação em áreas específicas. Sua computação é fundamentada em dados adquiridos por meio

de sensoriamento remoto, tais como imagens capturadas por satélites ou aéreas. Os comprimentos de onda no infravermelho próximo e no vermelho deixam as plantas sensíveis à luz na faixa do vermelho, especialmente à clorofila, um pigmento fundamental nas plantas que desempenha um papel crucial na fotossíntese. A base conceitual do NDVI reside no fato de que plantas saudáveis e vigorosas utilizam a luz vermelha na fotossíntese, enquanto refletem de forma mais intensa a luz infravermelha. Em contrapartida, plantas sob estresse ou áreas sem vegetação tendem a exibir valores menores de NDVI.

A clorofila, é um pigmento que sinaliza a condição de saúde na planta, exerce uma absorção significativa na faixa da luz visível que é absorvida ao passo que a estrutura celular das folhas reflete intensamente a luz quase infravermelha. Em situações de desidratação, enfermidade ou stress relacionado a doenças, a degradação da camada esponjosa resulta em uma absorção aumentada da luz infravermelha próxima, em vez de sua reflexão. Observar as variações no espectro próximo ao infravermelho (NIR) a respeito da luz visível na faixa vermelha, fornece uma indicação precisa da existência de clorofila estabelecendo uma correlação direta com a saúde da planta (CEREDA JUNIOR, 2020).

Uma planta em condições normais de saúde demonstra absorção de comprimentos de onda nas regiões azul e vermelha do espectro eletromagnético, resultando na reflexão da luz verde, o que confere a coloração característica verde às folhas. Paralelamente ao verde, a planta também reflete luz na faixa do infravermelho próximo. Esta forma de radiação, invisível ao olho humano e não diretamente utilizada no processo de fotossíntese, é mais intensamente refletida por plantas saudáveis. Em situações de estresse, como a escassez de água, a planta reduz a reflexão do infravermelho, embora a quantidade de luz visível refletida permaneça constante (KALLIADRA, 2023), conforme apresentada na figura 3.

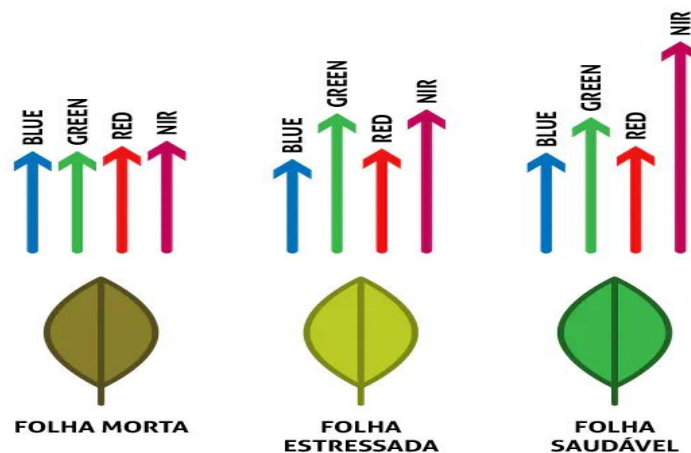
Figura 3 - Resposta da vegetação em diferentes bandas e condições.



Fonte: (EOS Data Analytics, 2023).

É perceptível que uma folha sujeita a estresse e uma folha saudável refletem quantidades semelhantes nas faixas de azul, verde e vermelho da luz visível. No entanto, a folha em estado de saúde adequado apresentará uma maior reflexão na região do Infravermelho Próximo (KALLIADRA, 2023), (Figura 4).

Figura 4 - Resposta da vegetação em diferentes bandas e condições.



Fonte: (Giovanini,2023).

As aplicações primárias do NDVI abrangem diversos domínios, incluindo:

1. Monitoramento da Saúde Vegetal: O NDVI é extensivamente utilizado na avaliação da saúde e vitalidade das plantas em ambientes florestais. Silvicultores podem empregar o NDVI para detectar áreas que demandam atenção especial, identificando indícios de estresse hídrico, presença de doenças ou infestações por pragas.
2. Monitoramento de Ecossistemas Naturais: Cientistas recorrem ao NDVI para analisar a saúde de ecossistemas naturais, tais como florestas, savanas e pântanos. Essa ferramenta contribui para compreender a resposta desses ecossistemas às mudanças climáticas, perturbações naturais e influências humanas
3. Monitoramento Ambiental e Conservação: Em projetos de conservação da biodiversidade, o NDVI exerce uma função fundamental na avaliação da saúde de habitats naturais, auxiliando na identificação de áreas que necessitam de medidas especiais de proteção.

4 METODOLOGIA

4.1 Tipo da pesquisa

Conforme mencionado por Macedo (1994), a pesquisa bibliográfica representa o ponto inicial em qualquer empreendimento científico, destinada a revisar a literatura já disponível, evitando redundâncias na área de pesquisa ou experimentação.

Portanto, a escolha da abordagem bibliográfica nesta pesquisa visa compreender e sintetizar o conhecimento acumulado sobre a influência das variedades de luz ao longo do ciclo de vida das plantas e destacar pesquisas e tecnologias relacionadas aos diferentes espectros de luz no setor florestal.

4.2 Fontes de dados

- Acesso a periódicos especializados em botânica, fisiologia vegetal por meio de bases de indexação como, SciELO, foram utilizados artigos, livros, teses, resumos expandidos e sites;
- Consulta a obras de referência que abordam especificamente a relação entre a luz e o desenvolvimento das plantas;
- Como critério de inclusão foram usadas publicações, algumas mais recentes e outras mais antigas (entres os anos de 1989 a 2023), para garantir uma compreensão abrangente do desenvolvimento do tema ao longo do tempo.
- Como critério de exclusão: fontes sem relevância para o tema.

4.3 Procedimentos de análise

A análise dos dados abordará a influência dos espectros de luz no desenvolvimento das plantas, categorizando estudos conforme diferentes aspectos. Fases como germinação, crescimento, floração e frutificação serão destacadas. A análise, com tabulação realizada no Microsoft Excel, buscará padrões ou divergências nos resultados, visando compreender variáveis que impactam as respostas das plantas à luz. A síntese dos resultados contribuirá para avanços científicos, proporcionando uma compreensão mais completa do papel dos diversos espectros de luz no desenvolvimento das plantas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variação na germinação sob diferentes condições de luz

A qualidade do ambiente luminoso em que a planta se desenvolve é de importância crucial, pois a capacidade de adaptação das plantas a esse ambiente está diretamente relacionada ao ajuste de seu aparato fotossintético. Esse ajuste visa garantir a utilização mais eficiente possível da luminosidade disponível no ambiente. As respostas resultantes dessas adaptações se manifestarão no desenvolvimento geral da planta (ENGEL e POGGIANI, 1991)

Conforme destacado por Whatley e Whatley (1982), o desenvolvimento e a capacidade de ajuste das plantas a diversas condições ambientais estão intrinsecamente ligados à sua eficiência fotossintética, a qual, por sua vez, está associada, dentre outros elementos, aos níveis de clorofila nas folhas. Vários fatores externos e internos influenciam a biossíntese de clorofila, resultando em variações significativas em seus conteúdos foliares. Dentre esses fatores, a luz desempenha um papel essencial em seu processo de síntese.

O desenvolvimento das plantas pode ser indicativo da capacidade de adaptação das espécies às condições de radiação do ambiente em que estão inseridas. Em geral, as características de crescimento são empregadas para estimar o nível de tolerância ou intolerância das espécies à escassa disponibilidade de luz, conforme observado por Naves et al. Em 1994. O sucesso da adaptação de uma espécie em ambientes com diferentes níveis de radiação pode depender da eficiência e agilidade na modificação de seus padrões de alocação e comportamento fisiológico, buscando otimizar a obtenção de recursos no ambiente específico, como apontado por Dias-Filho (1997).

Na fase de germinação, desencadeia-se uma série de processos fisiológicos que são afetados tanto pela temperatura quanto pela existência ou inexistência de luz. Portanto, é essencial examinar o impacto desses elementos na compreensão do processo de germinação nos diversos grupos ecológicos aos quais as sementes pertencem (FERREIRA et al., 2007).

Em habitats naturais, as sementes podem ser localizadas em distintos padrões de luz e temperatura, os quais podem ser influenciados pela configuração do dossel e sua posição no estágio sucessional da floresta (JESUS e PINARODRIGUES, 1991).

As sementes de espécies pioneiras que respondem a luz demonstram germinação completa somente quando expostas à luz vermelha, ao passo que aquelas pertencentes a outros grupos ecológicos, como as secundárias e clímax, possuem a habilidade de germinar na sombra do dossel, sem depender de radiação solar direta (KAGEYAMA e VIANA, 1991).

A temperatura e a luz são dois fatores externos que influencia m a germinação das sementes. O efeito da luz de diferentes comprimentos de onda na germinação de sementes de espécies florestais foi pouco explorado por pesquisadores. Freire et al. (1993), ao investigarem a germinação de sementes de copaíba (*Copaifera langsdorffii*); conduziram experimentos utilizando luz branca, luz vermelha, luz vermelha-extrema e condições de escuro a 25°C. Os resultados indicaram que a germinação das sementes foi significativamente superior sob luz vermelha em comparação com a luz vermelha-extrema.

A análise da literatura revelou uma notável variação na germinação de sementes de plantas florestais em resposta a distintas condições de luz (Tabela 1). Espécies pioneiras, como *Anadenanthera colubrina* (Benth.) e *Peltophorum dubium* (Spreng.), apresentaram variações na germinação e no índice de velocidade de Germinação (IVG). A espécie *Anadenanthera colubrina* (Benth.), exibiu germinação mais eficiente sob a influência da luz vermelha, e em relação ao IVG a luz vermelha sobre as sementes desta espécie resultou em um aumento notável na velocidade de germinação em comparação com outras qualidades de luz avaliadas, que foram as luzes (branca e vermelho extremo). Já a espécie *Peltophorum dubium* (Spreng.), os resultados de germinação não apresentaram efeitos significativos em relação a presença ou ausência de luz e qualidade da luz (branca, vermelho e vermelho extremo), porém em relação ao IVG a presença de luz vermelha causou uma germinação das sementes significativamente mais rápida em comparação com a ausência de luz, conforme destacado por Santos et al. (2023).

Tabela 1 - Espécies analisadas sob diferentes condições de luz.

Espécie	Condições de Luz	Germinação	IVG
<i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Vell.) Brenan.	Luz vermelha	Melhores resultados	Aumento significativo sob luz vermelha em comparação com luz branca e vermelho extremo
	Luz branca e vermelho extremo	Variações na germinação	Variações no IVG
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Presença ou ausência de luz	Sem efeitos significativos	—————
	Luz vermelha, Branca e vermelho extremo	Sem efeitos significativos	Germinação mais rápida sob luz vermelha em comparação com ausência de luz

Fonte: (Autoria própria, 2024).

Em contrapartida estudos de (SILVA e AGUIAR, 1998), sobre germinação de sementes de canela-preta (*Ocotea catharinensis* Mez) sob diferentes condições de luz (luz branca,

vermelha, vermelha-extrema), e ausência de luz, e temperatura (20°C e 25°C, 30 e 35°C), os resultados da pesquisa indicam que a interação entre a qualidade de luz e a temperatura não possui um resultado relevante na germinação das sementes de *Ocotea catharinensis*. As sementes demonstraram alta capacidade de germinação tanto na presença quanto na ausência de luz, característica comum em espécies de estágios avançados na sucessão florestal. Nesse contexto, as sementes possuem a habilidade de germinar tanto em plena exposição solar quanto na sombra do dossel da floresta (SEGHESE et al., 1992). A partir do 18 dia após a realização dos testes, foi iniciada a contagem das sementes germinadas com a conclusão dos testes ao fim dos 81 dias, e durante a maior parte do período de teste, a qualidade de luz não teve um impacto significativo na germinação, mas entre os dias 39 e 74, a germinação na ausência de luz foi significativamente superior à observada sob luz branca e luz vermelha (Tabela 2). Além disso, a luz vermelha-extrema, com menor relação vermelha/vermelha-extrema, favoreceu a germinação em comparação com luz branca e luz vermelha. Os resultados sugerem que as sementes de *Ocotea catharinensis* tendem a germinar melhor sob o dossel da floresta do que em áreas abertas. A temperatura teve efeitos mínimos na germinação, exceto em contagens específicas, onde a germinação a 20°C e 25°C foi maior do que a 30 e 35°C. A velocidade da germinação foi significativamente afetada pela presença de luz e causou um impacto contagens intermediárias, com germinação mais rápida no escuro em comparação com a luz branca. No entanto, não houve efeito significativo da temperatura na velocidade de germinação.

Tabela 2 - Efeitos da luz e temperatura na germinação e velocidade de germinação

Espécie	Condições de Teste	Efeitos na germinação das sementes
<i>Ocotea catharinensis</i> Mez.	Luz	Sem efeito significativo na maior parte do período. Entre os dias 39 e 74, a germinação no escuro foi significativamente superior à luz branca e luz vermelha. A luz vermelha-extrema favoreceu a germinação em comparação com luz branca e luz vermelha
	Temperatura	Efeitos mínimos na germinação, exceto em contagens específicas. A germinação a 20°C e 25°C foi maior do que a 30-35°C.
	Velocidade de Germinação	A luz teve um impacto significativo em contagens intermediárias, com germinação mais rápida no escuro em comparação com luz branca. Não houve efeito significativo da temperatura na velocidade de germinação

Fonte: (Autoria própria, 2024).

A análise dos resultados apresentados revela uma diversidade interessante na resposta de diferentes espécies de plantas florestais às condições de luz durante o processo de germinação. Os estudos destacam a influência significativa da qualidade e intensidade da luz

sobre a germinação de sementes, demonstrando que este é um fator crucial a ser considerado em experimentos de germinação e no entendimento dos padrões de desenvolvimento das plantas.

As espécies *Anadenanthera colubrina* e *Peltophorum dubium* apresentaram respostas distintas. *Anadenanthera colubrina* teve melhor germinação sob luz vermelha, com aumento significativo no IVG. Em contraste, *Peltophorum dubium* não mostrou diferenças na taxa de germinação, mas a luz vermelha acelerou o índice de velocidade de germinação (IVG).

Estudos sobre *Ocotea catharinensis* indicaram que a interação entre luz e temperatura teve pouco efeito na germinação, destacando sua adaptabilidade a diferentes condições ambientais. A qualidade de luz teve impacto limitado na germinação, mas entre os dias 39 e 74, a ausência de luz resultou em maior germinação. A luz vermelha-extrema favoreceu a germinação, indicando uma preferência por condições de sombra.

Em resumo, os resultados destacam a importância da luz na germinação de sementes florestais, com variações entre espécies. *Anadenanthera colubrina* respondeu positivamente à luz vermelha, enquanto *Peltophorum dubium* teve aceleração no IVG. *Ocotea catharinensis* mostrou adaptação flexível a diferentes condições de luz e temperatura, evidenciando a complexidade desses processos.

5.2 Respostas fisiológicas das plantas à luz

A luz desempenha um papel fundamental como a principal fonte de energia para a biosfera em nosso planeta, sendo convertida em energia química através do processo de fotossíntese. Surpreendentemente, no entanto, a luz também pode ser prejudicial para esse processo vital. Existem evidências que sugerem que o excesso de luz pode impactar o crescimento das plantas e resultar na diminuição da produtividade. Atualmente, essa condição de estresse é denominada fotoinibição, caracterizada como um conjunto complexo de processos moleculares que causam a inibição da fotossíntese devido à exposição excessiva à luz (Almenara, 1998).

O desenvolvimento e adaptação das plantas às diversas condições de luminosidade no ambiente podem ser vinculados à capacidade eficiente e rápida que as plantas têm de ajustar seu comportamento fisiológico e fotossintético. Essa adaptação busca maximizar a aquisição de recursos no ambiente em questão (DIAS FILHO, 1997).

Diversos fatores, tanto intrínsecos quanto extrínsecos, desempenham um papel significativo no processo fotossintético. Entre os fatores externos, incluem-se a luz

(considerando qualidade, densidade do fluxo e duração), o CO₂, a temperatura, o oxigênio, bem como a disponibilidade de água e nutrientes (LOPES e LIMA, 2015). Quanto aos fatores intrínsecos, é possível mencionar a espessura da lâmina foliar, o teor de clorofila, a idade da folha e, em algumas plantas, ritmos endógenos relacionados ao funcionamento celular. Conseqüentemente, folhas em estágios iniciais de crescimento ou em fase de senescência apresentam taxas de fotossíntese inferiores em comparação com folhas maduras completamente expandidas (MARENCO et al., 2014).

O aumento da temperatura exerce uma significativa influência nos processos fisiológicos da planta, sendo a fotossíntese considerada um dos processos mais sensíveis a esse aumento de temperatura (WAHID et al., 2007).

O estudo conduzido por Duz et al. (2004), investigou o crescimento inicial de três tipos de árvores encontradas na floresta atlântica (*Cecropia glazioui*, *Cedrela fissilis* e *Bathysa australis*) em diferentes estádios de sucessão (inicial, intermediário e final) em resposta as mudanças na quantidade de luz. Foram avaliados oito parâmetros em diferentes níveis de luz (2%, 15%, 30%, e 50%): Razão raiz/parte aérea (R/PA); Comprimento do caule; Taxa média de crescimento relativo (TCR); Taxa média de assimilação líquida (TAL); Razão média de área foliar (RAF); Razão de massa foliar (RMF); Massa foliar específica (MFE) e Densidade estomática em folhas (Tabela 3).

Os resultados indicaram que a morfologia e fisiologia das espécies variaram em resposta à intensidade de luz, sendo consistente com o ambiente natural de cada espécie. A análise específica dos parâmetros revelou padrões interessantes:

A resposta fotossintética (R/PA) aumentou à medida que a intensidade luminosa aumentou nas espécies *C. glazioui* e *C. fissilis*. Da mesma forma, *B. australis* também apresentou um aumento, embora tenha sido significativo em níveis de luminosidade mais baixos.

O comprimento do caule em *C. glazioui* registrou uma diminuição proporcional ao aumento da intensidade luminosa. Em *C. fissilis*, observou-se um incremento no comprimento do caule, atingindo seu pico a 15% de luminosidade, enquanto em *B. australis*, não foram identificadas disparidades estatisticamente significativas.

A taxa de crescimento relativo (TCR) evidenciou uma ascensão até atingir 30% da intensidade luminosa em *C. glazioui* e *C. fissilis*; todavia, diminuiu com o aumento subsequente da intensidade de luz em ambas as espécies. Quanto a *B. australis*, a TCR foi inferior a 2% de luminosidade.

A absorção de luz, expressa pela taxa de absorção luminosa (TAL), aumentou em *C. glazioui* à medida que a intensidade luminosa aumentou. Em contraste, *C. fissilis* mostrou uma diminuição na TAL após atingir 30% de luz, enquanto *B. australis* apresentou uma TAL significativamente menor a 2% de luz.

A razão de área foliar (RAF) experimentou uma redução em *C. glazioui* e *C. fissilis* até atingir 30% da intensidade luminosa, ao passo que *B. australis* manifestou uma diminuição significativa da RAF no intervalo de 2% a 30% de luz.

A razão de massa foliar (RMF) demonstrou uma tendência de redução até atingir 30% da intensidade luminosa, apresentando um ligeiro aumento em níveis mais elevados de luz.

A massa foliar específica (MFE) demonstrou um aumento proporcional à intensidade luminosa em *C. glazioui*, permaneceu constante em *C. fissilis* além de 30% de luz e apresentou um aumento significativo em *B. australis*. A densidade estomática apresentou um incremento até 30% da intensidade luminosa em *C. glazioui* e *C. fissilis*, sem evidenciar aumento além desse limiar. Em contraste, *B. australis* revelou uma densidade estomática inferior a 2% de luz. A análise do ângulo de inclinação foliar apontou que, em *C. glazioui*, as folhas foram mais perpendiculares ao solo a 2% de luz em comparação com 50% de luz.

Tabela 3 - Influência da luz no crescimento inicial de espécies arbóreas na floresta atlântica.

Parâmetros	<i>Cecropia glazioui</i> <i>Sneth.</i>	<i>Cedrela fissilis</i> <i>Vell</i>	<i>Bathysa australis</i> (A. St.- Hil.) Hook. Ex Sch
Razão raiz/parte aérea (R/PA)	Aumenta com a intensidade de luz	Aumenta com a intensidade de luz	Aumenta significativamente a 2% e 30%
Comprimento do caule	Diminui com o aumento de luz	Aumenta até 15% e depois diminui	Não apresenta diferença significativa
Taxa média de crescimento relativo (TCR)	Aumenta até 30% de luz, depois decresce	Aumenta até 30% de luz, depois decresce	Menor a 2% de luz
Taxa média de assimilação líquida (TAL)	Aumenta com a intensidade de luz	Aumenta até 30% e depois decresce	Menor a 2% de luz
Razão média de área foliar (RAF)	Decresce até 30% de luz		Diminui significativamente 2% a 30
Razão de massa foliar (RMF)	Diminui até 30% de luz	Leve aumento em intensidades mais altas	ende a diminuir com aumento de luz
Massa foliar específica (MFE)	Aumenta com a intensidade de luz	Não varia acima de 30% de luz	Aumenta significativamente 2% a 30%
Densidade estomática	Aumenta até 30% de luz	Aumenta até 30% de luz	Menor a 2% de luz

Fonte: (Autoria própria, 2024).

O estudo realizado por Siebeneichler et al. (2008) investigou as características morfofisiológicas da planta *Tabebuia heptaphylla* (vell.) tol. em diferentes condições de

iluminação, abrangendo desde exposição total ao sol até uma combinação equilibrada de 50% de luz solar direta e sombra natural. O crescimento em altura foi significativamente maior em plantas sob 50% de luminosidade, destacando-se a partir dos 123 dias de avaliação. O diâmetro do colo também variou, sendo maior em plantas expostas totalmente ao sol. Não houve diferença significativa na área foliar entre os diferentes tratamentos, mas tendeu a ser maior com 50% de luz e sombra natural. Quanto à massa seca total, a condição de 50% de luz solar direta apresentou tendência de maior acúmulo. Plantas em pleno sol e 50% de luz observou-se um aumento significativo no peso da massa seca das raízes. Enquanto os níveis de clorofila não apresentaram variações significativas entre 100% e 50% de luminosidade, mas foram significativamente maiores em sombra natural. O estudo destaca a influência da luminosidade no desenvolvimento e nas características morfofisiológicas da *Tabebuia heptaphylla*. Portanto, conclui-se que a condição de 50% de luminosidade pode ser adotada para a produção eficaz de mudas dessa espécie.

Tabela 4 - Influência da luz nas características morfofisiológicas de *Tabebuia heptaphylla* (vell.) *tol.*

Condições de Luminosidade	Altura da Planta	Diâmetro do Colo	Área Foliar	Massa Seca Total	Peso de Massa Seca de Raiz	Teores de Clorofila
Pleno sol (100%)	Menor	Maior	Tendência de Menor	Menor Acúmulo	Maior	Não Variou
50% de luminosidade	Maior (destacado a partir dos 123 dias)	Variável	Tendência de Maior	Maior Acúmulo	Maior	Não Variou
sombra natural	Menor	Menor	Tendência de Maior	Menor Acúmulo	Menor	Maior

Fonte: (Autoria própria, 2024).

O estudo de Gonçalves et al. (2012) investigou a influência da iluminação no crescimento de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King). Em dois ambientes distintos (pleno sol e sombreamento natural), foram analisados o aumento no crescimento, o acúmulo de biomassa, os níveis de clorofila e as trocas gasosas foliares foram avaliados, no tratamento sob luz solar direta, observou-se um ganho de biomassa aproximadamente três vezes maior, destacando-se os significativos valores de taxa de crescimento do caule, raízes e folhas. A análise detalhada revelou que, proporcionalmente, o ganho em massa do caule representou 40% do total, enquanto as raízes e folhas contribuíram com 37% e 23%, respectivamente. Em

contraste, as plantas sob sombreamento apresentaram diferentes proporções, com um foco maior no ganho de massa foliar (46%). Estes resultados indicam respostas adaptativas das plantas de mogno às diferentes condições luminosas, evidenciando a influência na distribuição de biomassa e nos processos fisiológicos. O ambiente a pleno sol favorece o desenvolvimento de estruturas radiculares e vasculares robustas, enquanto o sombreamento prioriza a quantidade de folhagem para equilibrar a eficiência fotossintética. Também verificou-se que plantas de mogno sob sombreamento apresentaram uma redução de 58% na condutância estomática (gs) em comparação com aquelas sob pleno sol. A taxa elevada de captura de carbono em condições de alta irradiância destaca a tolerância de *S. macrophylla* a níveis mais fortes de luz. Os valores do índice de clorofila (ICC) diminuíram com a exposição ao pleno sol, enquanto os teores de clorofila a e b foram superiores nas plantas sombreadas. O ganho de biomassa associado ao aumento da fotossíntese em ambientes com alta luminosidade e o equilíbrio nas taxas de expansão da folhagem indicam a plasticidade fisiológica do mogno em resposta às diferentes condições de luz. Essa característica desempenha um papel crucial no êxito do seu desenvolvimento tanto em ambientes naturais quanto em plantios. É notável que o aparato fotossintético desta espécie demonstra uma capacidade eficaz de captura de carbono em ambientes com alta irradiância.

Os resultados desses experimentos fornecem uma visão abrangente dos efeitos das condições de luz no crescimento e desenvolvimento de diferentes espécies arbóreas. Vamos analisar cada estudo individualmente e discutir suas implicações.

Os estudos conduzidos por Duz et al. (2004), Siebeneichler et al. (2008) e Gonçalves et al. (2012) investigaram os efeitos da luminosidade no crescimento e características morfofisiológicas de diferentes espécies arbóreas. Duz et al. (2004) examinaram três espécies na Floresta Atlântica, observando variações consistentes com o ambiente natural de cada planta em resposta à luz. Destacaram-se padrões específicos, como o aumento da Razão raiz/parte aérea (R/PA) com a intensidade de luz em algumas espécies.

Já Siebeneichler et al. (2008) realizaram estudos com *Tabebuia heptaphylla* (Vellozo) Toledo em diversas condições de luminosidade, evidenciando que 50% de luz favoreceu crescimento superior em altura e largura do tronco.

Gonçalves et al. (2012) focaram no mogno, demonstrando que o pleno sol resultou em ganho de biomassa significativamente maior em comparação com sombreamento, destacando adaptações fisiológicas, como a redução na condutância estomática em ambientes mais luminosos. O estudo destaca a plasticidade das plantas em responder às condições de luz,

essencial para compreender seu crescimento e desenvolvimento em ambientes naturais e plantios.

Em conjunto, esses estudos enfatizam a complexidade das respostas das plantas às condições de luz, destacando a importância de considerar fatores específicos de cada espécie. A flexibilidade fisiológica e a adaptação ao ambiente indicam que estratégias em testes de germinação devem levar em conta as necessidades específicas das espécies estudadas para promover um crescimento saudável e sustentável. Além disso, compreender as respostas das plantas à luz é crucial para a conservação e manejo de ecossistemas florestais, bem como para a produção eficiente de mudas em viveiros florestais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as informações apresentadas, a luz é crucial para o desenvolvimento e germinação de plantas, influenciando sua adaptação e eficiência fotossintética.

Espécies pioneiras e clímax respondem de maneira diferente à luz, afetando o crescimento e a alocação de recursos.

Durante a germinação, temperatura e luz desempenham papéis essenciais.

As variações na germinação em distintas condições luminosas sugerem complexidade nas interações entre luz e plantas.

a luz é vital para a fotossíntese, mas o excesso pode impactar negativamente o desenvolvimento das plantas (fotoinibição).

A adaptação das plantas à luz envolve fatores externos e internos.

Estudos específicos destacam respostas variadas das plantas a diferentes níveis de luz, enfatizando a importância de considerar as necessidades específicas de cada espécie.

Essa flexibilidade fisiológica é crucial para estratégias de germinação e tem implicações práticas na conservação de ecossistemas florestais e na produção de mudas em viveiros.

Em pesquisas futuras pode-se focar em investigar os impactos específicos dos diferentes tipos de luz em cada estágio de crescimento. Além disso, explorar a aplicação da iluminação LED ajustável em ambientes controlados, como laboratórios com estufas pode ser uma estratégia promissora para otimizar o desenvolvimento de sementes florestais. É importante também estudar como a luz interage com outros fatores ambientais, como temperatura e nutrientes do solo. Avaliações de longo prazo sobre como a exposição à luz impacta o ciclo de vida das árvores são fundamentais para uma visão abrangente. Integrar as descobertas dessas pesquisas no setor florestal, como otimização de plantações e redução de desperdícios, é uma estratégia essencial para promover a eficiência e o desenvolvimento de plantas.

REFERÊNCIAS

- ALMENARA, M.R. **Definição e Ocorrência da Fotoinibição**. LEAF, 1998. <http://server2.iq.ufrj.br/~almenara/fotoinibicao.htm>. Acesso em: 31 jan. 2024.
- ANDRADE, R. S. de. **Micropropagação e desenvolvimento de mudas clonais de Eucalyptus dunnii e Eucalyptus benthamii usando diodos de emissão de luz (LEDs)**. 2022. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages - SC, Brasil.
- BORATTO, I. M.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 16., 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2013. p. 7345-7352. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/81753/1/Aplicacao-indices.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2023.
- BULA, R. J. et al. Light-Emitting diodes as a radiation source for plants. **HortScience**, v. 26, n. 2, p. 203-205, 1991.
- CABRAL, N. N. **Como as Qualidades Espectrais de Luzes LEDs Aplicadas no Cultivo In Vitro de Orquídeas Brasileiras Influenciam nos Parâmetros Morfofisiológicos e Bioquímicos durante a Aclimatização?** Florianópolis, 2021. 90 p. Dissertação (Mestrado no programa de pós-graduação em recursos genéticos vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- CEREDA JUNIOR, A. (Org. Trad.) **Tudo o que você precisa saber sobre o NDVI: Perguntas & Respostas para a Agricultura 4.0 - parte 1**. Maio 2020. Disponível em: <https://geografiadascoisas.com.br/NDVI>. Acesso em: 17 dez. 2023.
- CHUNG, Jen-Ping; HUANG, Chia-Ying; DAI, Ting-En. Spectral Effects on Embryogenesis and Plantlet Growth of *Oncidium* 'Gower Ramsey'. **Scientia Horticulturae**, v. 124, n. 4, p. 511-516, 2010.
- DAVID, E.; ROSSI, L. A. Diferentes Tecnologias de Iluminação Para Produção de Mudas de Crisântemo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.1, p. 29-34, 2010.
- DAVIS, N. Controlled environment agriculture - Past, present, and future. **Food Technology**, Chicago, v. 39, p. 124-126, 1985
- DESTEFANI, A. C. C. **Espécies arbustivo-arbóreas em diferentes micro-sítios de luz numa Floresta Estacional Semidecidual no município de Gália, SP**. 2006. 260p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

DIAS-FILHO, M. B. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. to contrasting light environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 32, n. 8, p. 785-796, ago. 1997.

DONG, C. et al. Low light intensity effects on the growth, photosynthetic characteristics, antioxidant capacity, yield and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.) at different growth stages in BLSS. **Advances in Space Research**, Saint-Mandé, v. 53, n. 11, p. 1557-1566, 2014.

DUZ, S. R. et al. Crescimento inicial de três espécies arbóreas da Floresta Atlântica em resposta à variação na quantidade de luz. **Revista Brasil. Bot.**, v. 27, n. 3, p. 587-596, jul.-set. 2004.

ENGEL, V. L. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia**. 1989. 202 p. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1989.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seus aspectos de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de 4 espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina-PR, v. 3, n. 1, p. 39-45, jun. 1991.

FERREIRA, C. A. R.; FIGLIOLIA, M. B.; ROBERTO, L. P. C. Ecofisiologia da Germinação de Sementes de *Calophyllum brasiliensis* Camb. **Instituto Florestal Série Registros**, São Paulo-SP, n. 31, p. 173-178, 2007.

FERREIRA, M. G. M. et al. Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas. *Revista Árvore*, v. 1, p. 121-134, 1997.

FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal**, volumes 1. e 2. 2nd ed. São Paulo: EPU, 1985, 361p.

FREIRE, R. M.; PINA-RODRIGUES, F. C. M.; NUNES, M. V. Ecologia da germinação de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. **Informativo ABRATES**, Londrina, 1993.

GIONGO, P. R. **Estimativa do balanço de radiação com técnicas de sensoriamento remoto e dados de superfície**. 2008. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

GIOVANINI, A. **NDVI Significado? 2023**. Disponível em: <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/ndvi-significado-o-que-e-e-como-calculiar/>. Acesso em: 17 dez. 2023.

GONÇALVES, J. F. de C. et al. Efeito do ambiente de luz no crescimento de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 337-344, set. 2012.

GROHO HIDROPONIA. **Influência do espectro da luz no crescimento das plantas**. 2023. Disponível em: <https://www.groho.pt/post/influencia-do-espectro-da-luz#:~:text=A%20luz%20vermelha%20na%20faixa,do%20dia%20ou%20do%20ano>. Acesso em: 29 set. 2023.

GUTERRES, Suelen Martinez. **Influência de diferentes espectros luminosos na recuperação de culturas nodulares criopreservadas e na germinação de sementes de *Vriesea reitzii***. 2022. 52 p.

HASAN, M. D. Uma Visão Geral dos Efeitos dos LEDs na Produção de Compostos Bioativos e na Qualidade das Culturas. *Moléculas*, v. 22, n. 9, p. 1420, 2017.

HELENO, S. dos S. **TRIADE: Luminária para Cultivo Indoor**. Rio de Janeiro, 2019. 131 p.

HUNG, C. D. et al. Led light for in vitro and ex vitro efficient growth of economically important highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, Krakow, v. 38, n. 6, p. 1-9, 2016.

ISAEV, A. S. et al. Using Remote Sensing to Assess Russian Forest Fire Carbon Emissions. *Climatic Change*, v. 55, n. 1-2, p. 235-249, out. 2002. DOI: 10.1023/A:1020221123884

JESUS, R. M.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Programa de Produção e Tecnologia de Sementes Florestais da Florestas Rio Doce S.A.: uma discussão dos resultados obtidos. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS**, 2., 1989, Atibaia. Anais. SP: Instituto Florestal, 1991. p. 59-86.

KAGEYAMA, P. Y.; VIANA, V. M. Tecnologia de sementes e grupos ecológicos de espécies arbóreas tropicais. In: **ANAIS DO II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS**, Atibaia, SP, 16 a 19 de outubro de 1989. 17 p.

KALLIANDRA. **Imagens de Satélite (NDVI)**. Disponível em: <https://kalliandra.com.br/imagens-de-satelite-ndvi/>. Acesso em: 17 dez. 2023.

KONRAD, M. L. F. et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. *Bragantia*, v. 64, n. 3, p. 339-347, 2005.

LAGÔA, A.M.M.A. e PEREIRA, M.F.D.A. 1987. Fotoblastismo em sementes de *Ricinus communis* L. *Revista Brasileira de Botânica*, v.10, p.155-158.

LAZZARINI, L. E. S. et al. Uso de diodos emissores de luz (LED) na fisiologia de plantas cultivadas. *Scientia Agraria Paranaenses*, Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 2, abr./jun., p. 137-134, 2017.

LI, H.; XU, Z.; TANG, C. Effect of Light-Emitting Diodes on Growth and Morphogenesis of Upland Cotton (*Gossypium Hirsutum* L.) Plantlets in Vitro. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, London, v. 103, n. 2, p. 155-163, 2010.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. **Fisiologia da Produção**. Viçosa-MG: Ed. 492 p., 2015.

MACEDO, N. D. **Iniciação à Pesquisa Bibliográfica: Guia do Estudante para a Fundamentação do Trabalho de Pesquisa**. São Paulo, SP: Edições Loyola, 1994.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659 p.

- MARENCO, R. A. et al. Physiology of Amazon tree species: photosynthesis, respiration and water relations. **Revista Ceres**, v. 61, p. 786-799, 2014.
- MENDES, A. K. V.; CARVALHO, J. S. B. Germinação de sementes de manjeriço em diferentes condições ambientais. **Revista Ciência, Tecnologia e Ambiente**, v. 26, n. 1, p. 21-27, 2015.
- MENEZES, N. L. D; FRANZIN, S. M.; ROVERSI, T.; NUNES, E. P. Germinação de sementes de *Salvia splendens* Sellow em diferentes temperaturas e qualidades de luz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 32-37, 2004.
- MITCHELL, C. A.; BOTH, A.; BOURGET, C. M.; KUBOTO, C.; LOPEZ, R. G.; MORROW, R. C.; RUNKLE, S. LEDs: the future of greenhouse lighting. **Chronica Horticulturae**, v. 55, p. 6–12, 2012.
- MONDO, V. H. V. et al. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Digitaria*. Piracicaba, São Paulo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 131-137, 2010.
- MUNEER, S. et al. Influência dos Diodos Emissores de Luz Verde, Vermelho e Azul em Proteínas Complexas Multiproteicas e Atividade Fotossintética Sob Diferentes Intensidades Luminosas em Folhas de Alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista Internacional de Ciências Moleculares**, v. 15, n. 3, p. 4657-4670, 2014.
- NAVES, N. L.; ALVARENGA, A. A. DE; OLIVEIRA, L. E; M. de. Comportamento Estomático de Mudanças de Três Espécies Florestais Submetidas a Diferentes Níveis de Radiação Fotossinteticamente Ativa. **Ciência e Prática**, Lavras-MG, v. 18, n. 4, p. 408-412, out-dez. 1994.
- NETO, J. C. A.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M. Efeito da Temperatura e da Luz na Germinação de Sementes de *Acacia Polyphylla* DC. **Revista Brasil. Bot.**, v. 26, n. 2, p. 249-256, jun. 2003.
- NUNES, T. V. F.; Curso de Especialização de Iluminação; de Interiores, Design. Luz para Plantas. *Revista Especialize On-line IPOG*, Goiânia, v. 6, n. 1, p. 1-17, 2013.
- OLIVEIRA, L. M.; FERREIRA, R. A.; CARVALHO, M. L. M. Germinação de sementes de *Senna multijuga* (Rich.) Irwin e Barn, sob diferentes condições de radiação luminosa e temperaturas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 34, n. 2, p. 213–218, 2003.
- OLIVEIRA-GALVÃO, A. L. C. de & SAITO, C. H. **Mapeamento sobre desertificação no Brasil: uma análise comparativa**. Brasil Florestal, Brasília-DF, n. 77, 2003.
- OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, M.L.M.; SILVA, T.T.A.; BORGES, D.I. Temperatura e regime de luz na germinação de sementes de *Tabebuia impetiginosa* (Martius ex A. P. de Candolle) Standley e T. serratifolia Vahl Nich. – Bignoniaceae. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p.642-648, 2005.

OLIVEIRA, E. F. **Influência de diferentes níveis de sombreamento e aclimação no estabelecimento pós-plantio de mudas de tento vermelho (*Adenantha pavonina* L.) em áreas alteradas.** Manaus, 2013. 64 p.: il.

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. **Fisiologia Vegetal.** Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil, 2015. 81 p. : il. ; 28 cm. ISBN 978-85-63573-90-2.

PESTANA, F., SEMEDO, J. N., SCOTTI-CAMPOS, P., OLIVEIRA, C. M., & PALHA, M. G. Influência da iluminação LED no desempenho fotossintético e na produtividade de *Fragaria x ananassa* em substrato. **Actas Portuguesas de Horticultura**, n. 29, p. 272-279, 2017.

PINHEIRO, R. R. **Malhas de Sombreamento Fotoelétricas no Crescimento e Produção de Alface Hidropônico.** Dissertação (Mestrado em Agronomia: Agricultura e Ambiente) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Educação Superior Norte-RS, Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2013.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. 1, 176p, 2012.

RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E.. Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* Vellozo) Leguminosae Papilionoidae: Produção de Mudas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 3, n. 2, p. 1631-1634, dez. 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/309652/1/Comtec106.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2023.

RAVEN, H. P.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal.** 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

SABINO, M. et al. **Crescimento de mudas de ipês em diferentes telas de sombreamento.** *Nativa*, Sinop, v. 4, n. 2, p. 61-65, mar./abr. 2016. Pesquisas Agrárias e Ambientais. DOI: 10.14583/2318-7670.v04n02a01.

SAMUOLIENĖ, G. et al. **LED illumination Affects Bioactive Compounds in Romaine Baby Leaf Lettuce.** **Journal of The Science of Food and Agriculture**, 2013.

SANTOS, et al. Efeito de diferentes condições de luz na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan e *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 3, março 2023. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1683>. DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/16320231683>. 2023.

SANTOS, D. L. dos et al. Morphological and Physiological Responses of *Cedrela Fissilis* Vellozo (Meliaceae) Seedlings to Light. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 1, p. 171-182, January 2006. ISSN 1516-8913. Printed in Brazil.

SCHUSTER, M. Z. et al. Influência do Fotoperíodo e Da Intensidade De Radiação Solar No Crescimento e Produção De Tubérculos De Rabanete. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 2, p. 73-86, 2012.

SCHWAMBACH, C.; SOBRINHO, G. C. **Fisiologia Vegetal: Introdução às Características, Funcionamento e Estruturas das Plantas e Interação Com a Natureza**. 1. ed, São Paulo: Érica, 2014.

SEGHESE, F.; ISSHIKI, K.; VITTI, A .P. Ecofisiologia da Germinação de Espécies Arbóreas. **Série Técnica IPR**, Pirecicaba-SP, v. 8, n. 25, p. 9-11, 1992.

SIEBENEICHLER, S.C et al. Características morfofisiológicas em plantas de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol. em condições de luminosidade. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 3, p. 467-472, 2008.

SILVA, A. da; AGUIAR, J. B. de. Germinação de sementes de canela-preta (*Ocotea catharinensis* Mez-Lauraceae) sob diferentes condições de luz e temperatura. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 17-22, 1998.

SILVA, R. R. et al. Desenvolvimento inicial de plântulas de *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum. sob influência de sombreamento. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 365-370, 2007.

SILVA, Marina M. et al. **Effect of Blue/Red LED Light Combination On Growth And Morphogenesis Of *Saccharum Officinarum* Plantlets in Vitro**. In: Imaging, Manipulation, and Analysis of Biomolecules, Cells, and Tissues XII. International Society for Optics and Photonics, 2014. p. 89471X.

SINGH, D.; BASU, C.; MEINHARDT-WOLLWEBER, M.; ROTH, B. LEDs for energy efficient greenhouse lighting. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 139–147, 2015.

SOCIENTIFICA. **Entenda como a luz influencia as plantas**. Disponível em: <https://socientifica.com.br/entenda-como-a-luz-influencia-as-plantas/>. Acesso em: 01 Dez. 2023.

SOUZA, D. M. S. **Influência Da Qualidade Da Luz Na Germinação**. (2008). 32 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, 2008.

SUN, Jindong; NISHIO, John N.; VOGELMANN, Thomas C. Green light drives CO₂ fixation deep within leaves. **Plant and Cell Physiology**, v. 39, n. 10, p. 1020-1026, 1998.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p. 543-691.

VÁSQUEZ-YANES, C. A.; SADA, S. G. Caracterização de grupos de árvores na selva úmida. In: GOMEZ-POMPA, A. E.; DEL AMO, S. **Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas em Vera Cruz, Mexico**. Mexico: Alhambra Mexicana, INIRB, 1985. p. 67-78.

WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Heat Tolerance in Plants: An Overview. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, p. 199-223, 2007.

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. A. **A Luz e a Vida das Plantas**. São Paulo: EPU-EDUSP, 1982. 101 p.

ZAIDAN, L. B. P.; BARBEDO, C. J. Quebra de Dormência em Sementes. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do Básico ao Aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 135-146.